Aus dem Institut für Arbeitsphysiologie und
Rehabilitationsforschung der Universität Marburg/L.
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hildebrandt

Objektive und subjektive Bestimmung der circadianen Phasenlage beim Menschen

INAUGURAL-DISSERTATION
Zur Erlangung des Doktorgrades
der gesamten Medizin dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg/L.

vorgelegt von
Manfred Werner
aus Oldenburg

Marburg 1978

Aus dem Institut für Arbeitsphysiologie und
Rehabilitationsforschung der Universität Marburg/L.
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hildebrandt

Objektive und subjektive Bestimmung der circadianen Phasenlage beim Menschen

INAUGURAL-DISSERTATION
Zur Erlangung des Doktorgrades
der gesamten Medizin dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg/L.

vorgelegt von
Manfred Werner
aus Oldenburg

Marburg 1978

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Universität Marburg am 27.1o.78

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Prof. Dr. med. F. Neurath
Referent: Prof. Dr. med. G. Hildebrandt
Correferent: Prof. Dr. med. C. Bode

Beiden Eltern

zum

Dank

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Methodik	3
1. Allgemeine Übersicht	3
2. Äußere Versuchsbedingungen	3
3. Meßgrößen und Meßverfahren	4
a) Puls- und Atemfrquenz	4
b) Oraltemperatur	4
c) Handgriffkraft	5
d) 6o-Sekunden-Zeitschätzung	5
e) subjektive aktuelle Reaktionsbereitschaft	5
f) Fragebogen von HORNE & ÖSTBERG	6
4. Versuchsablauf und Zeitordnung	8
5. Auswertung und statistische Methodik	11
a) Herstellen der Vergleichbarkeit der Daten	11
b) Berechnung der zeitlichen Lage von Tagesminima und -maxima	12
c) Berechnung der Höhe des Puls-Atem-Quotienten	12
III. Ergebnisse	15
1. Korrelationen zwischen subjektiver und objektiver Phasenlage	15
a) H-Ö-Items - Oraltemperatur	15
b) H-Ö-Items - Puls-Atem-Quotient	17
c) H-Ö-Items - 6o-Sekunden-Zeitschätzung	17
d) H-Ö-Items - Pulsfrequenz, Handgriffkraft	2o
e) minimale subjektive Reaktionsbereitschaft - Oraltemperatur, Puls-Atem-Quotient	2o
2. Korrelationen zwischen objektiven Meßdaten	22
a) Puls-Atem-Quotient - Oraltemperatur	22

Seite

b) 6o-Sekunden-Zeitschätzung - Oraltemperatur, Puls-Atem-Quotient 22

3. Zusammenhang von vegetativer Reaktionslage und circadianer Phasenlage 27

a) Oraltemperatur 27

b) Ruhepulsfrequenz 29

c) Handgriffkraft 37

d) subjektive Reaktionsbereitschaft 41

e) 6o-Sekunden-Zeitschätzung 46

IV. Diskussion 5o

1. Zur Methodik 5o

2. Zu den Ergebnissen 57

a) Korrelationen zwischen objektiven Meßergebnissen und subjektiver Selbsteinschätzung der circadianen Phasenlage 57

b) Korrelationen zwischen objektiven Meßergebnissen und subjektiver Selbsteinschätzung des aktuellen Befindens 63

c) Beziehungen zwischen circadianer Phasenlage und vegetativer Reaktionslage 65

d) Schlußfolgerungen und Ausblick 78

V. Zusammenfassung 8o

VI. Literaturverzeichnis 82

I. Einleitung

Abgesehen von dem theoretischen Interesse, das individuelle Unterschiede der circadianen Phasenlage im Hinblick auf das circadiane System und seine Umweltsynchronisation besitzen, ist die in den letzten Jahren gewonnene Aussicht, daß es möglich sein könnte, die gesundheitlichen Störungen durch Nacht- und Schichtarbeit unter Berücksichtigung der circadianen Phasenlage zu vermindern, von besonderem praktischem Interesse für die Arbeitsmedizin. Bekanntlich fand ROSS (1956), daß Nachtarbeit in der Regel von sogenannten Abendtypen bevorzugt wird. Und AANONSEN (1964) stellte fest, daß ein hoher Anteil jener Arbeiter, die Schichtarbeit aus medizinischen Gründen aufgegeben hatten, zu dem Typ "Früh zu Bett - Früh heraus" gehörten. Zahlreiche Untersuchungen verschiedener Autoren haben bisher gezeigt, daß zwischen dem subjektiv erlebbaren Verhalten im Tageslauf und der circadianen Phasenlage verschiedener vegetativer Parameter engere Beziehungen bestehen. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, durch einfache Fragebogenmethoden hinreichend sichere Rückschlüsse auf die objektive circadiane Phasenlage ziehen zu können und auf diese Weise auch in der Praxis valente Auswahlkriterien für die Verträglichkeit von Nacht- und Schichtarbeit zu gewinnen.(PATKAI 1969,1971; PETTERSSON 1975; WENDT u. JOVONOVICH 1975; ÖSTBERG 1972; ÖQUIST 1970)

Die bisherigen Untersucher haben Vergleichsuntersuchungen zwischen subjektiv erlebbarer und objektiv gemessener circadianer Phasenlage fast ausschließlich mit solchen Versuchspersonen angestellt, deren berufliche und sonstige Tätigkeit nicht wesentlich eingeschränkt war. Dadurch ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen,

daß der Aktivitätszyklus selbst die gemessenen vegetativen Parameter in ihrem circadianen Verhalten maßgeblich mitbeeinflußt hat. Wir haben uns daher die Aufgabe gestellt, diesen Vergleich nochmals an gesunden Versuchspersonen unter gleichmäßigen Ruhebedingungen durchzuführen, wobei auch die Nahrungsaufnahme gleichmäßig verteilt wurde.
Die subjektive Einschätzung des circadianen Phasentyps wird bislang überwiegend mit dem Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG (1972) vorgenommen, den auch wir in einer deutschen Fassung (Überstetzung von G. Hildebrandt, H. Strempel, H. Uhrmann) verwendeten.

Darüber hinaus hat die vorliegende Untersuchung eine zweite Zielsetzung. Im Hinblick auf die arbeitsmedizinische und rhythmologische Fragestellung ist es von Interesse, ob neben der Fragebogenmethode nicht auch einfache objektiv meßbare Kriterien eine Voraussage über die unterschiedliche Verträglichkeit von Nacht- und Schichtarbeit ermöglichen. Dazu lieferte HILDEBRANDT (1953, 1961) Hinweise, indem er Zusammenhänge zwischen relativ leicht zugänglichen Indikatoren der individuellen vegetativen Reaktionslage und des circadianen Phasentyps fand. Wir untersuchten diesen Zusammenhang anhand verschiedener Kriterien der Tagesrhythmik.
Ziel dieser Arbeit ist es also, erfragte subjektive und objektiv gemessene Daten auf ihren Zusammenhang zu überprüfen, um valente Unterscheidungsmethoden im Hinblick auf arbeitsmedizinische und rhythmologische Fragestellungen zu finden.

II. Methodik

1. Allgemeine Übersicht

Unsere Untersuchungen erstreckten sich über den Zeitraum von Anfang März bis Anfang Mai 1976. 3o Studenten (12 weibliche und 18 männliche) wurden jeweils einmal über 26 Stunden durch Bettruhe immobilisiert. Folgende Daten wurden dabei aufgezeichnet:

a) Puls- und Atemfrequenz kontinuierlich mit 1-minütlichem Ausdruck,

b) Oraltemperatur 1-stündlich,

c) grobe Griffkraft der Hände beidseits 1-stündlich,

d) 6o-Sekunden-Zeitschätzung 1-stündlich,

e) subjektive Selbsteinschätzung der aktuellen Reaktionsbereitschaft 1-stündlich,

f) weitere stündlich erhobene Daten, die in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt sind: Zusätzliche Fragen zur subjektiven Selbsteinschätzung, Doppelmessung des Blutdruckes und Messung der epikritischen Schmerzschwelle.

Alle Probanden füllten den Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG (1972) zur subjektiven Einschätzung des circadianen Phasentyps in der übersetzten ursprünglichen Fassung aus und beantworteten darüberhinaus von uns formulierte Zusatzfragen.

2. Äußere Versuchsbedingungen

Bei den Versuchen wurden jeweils 2 bis 3 Probanden gleichzeitig untersucht. Sie lagen in voneinander getrennten Versuchskammern, sodaß unter den Probanden während des Versuches kein Kontakt

bestand. Die Kammern waren folgendermaßen ausgestattet: Kliniksbett, Zudecke mit 100% Polyestesterfüllung, übliches Bettzeug, Nachtschränkchen, Stuhl, Deckenbeleuchtung, neutrale Bilder an den Wänden. Die Registriergeräte befanden sich außerhalb der Kammern.
Das 3-stündlich verabreichte Standardmahl bestand aus Maismehlpudding und Apfelmuß.

3. Meßgrößen und Meßverfahren

a) Puls- und Atemfrequenz wurden über den gesamten Versuchszeitraum kontinuierlich mit 1-minütlichem Ausdruck registriert. Zur Registrierung wurden verwendet:

polygrafischer Meßplatz der Firma Tönnies Freiburg mit Puls- und Atemfrequenzmonitor als Einschub (Firma Hellige, Freiburg)

sowie 2 tragbare Puls-Atemdrucker der Firma Vogel Gießen.

Die Atemzüge wurden mit Hilfe von Thermistorenfühlern im Naseneingang erfaßt. Zur Entwicklung dieses Verfahrens siehe STORCH (1967). Die Pulsfrequenz wurde durch EKG-Ableitung abgegriffen. Die Silbernapfelektroden waren dabei als verkleinertes Dreieck (entsprechend der Extemitätenableitung II nach Eindhoven) auf dem Rumpf des Probanden placiert. Als Kontaktmittel diente Elektrodenpaste der Firma Hellige Freiburg.

b) Die Messung der Oraltemperatur geschah in 1-stündigem Abstand. Verwandt wurden Prismenthermometer mit einer Skala von 35 - 42 °C. Sie wurden unter die Zunge des Probanden gelegt, der Mund war während der Messung geschlossen zu halten.

Die Ablesung des Meßwertes erfolgte nach genau 5 Minuten. Es wurde versucht, eine optische Ablesegenauigkeit von o,o1 °C zu erreichen.

c) Die Griffkraft beider Hände wurde ebenfalls jede Stunde untersucht. Das Kraftmeßgerät (Dynamometer, made in france) bestand aus einem elastischen Stahlbügel, dessen Deformierung sich mittels eines Zahnrades auf einen Zeiger mit Kraftmeßskala übertrug. Der Proband sollte das Meßgerät erst mit der rechten, dann mit der linken Hand möglichst stark zusammendrücken. Die beiden Meßwerte wurden getrennt aufgezeichnet.

d) Die Messung der 6o-Sekunden-Zeitschätzung geschah stündlich mittels üblicher Stoppuhr. Der Proband bekam vom Untersucher ein Startsignal und gab ein Zeichen, wenn nach seiner Meinung 6o Sekunden vergangen waren. Der tatsächlich vergangene Zeitraum bis zum Zeichengeben wurde abgelesen und notiert.

e) Außerdem wurde stündlich die Selbstbenotung der aktuellen Reaktionsbereitschaft registriert. Dazu folgendes: Eine aktuelle Befindlichkeit kann zwischen einem als befriedigend und einem als unbefriedigend empfundenen Zustand schwanken. Es wurde versucht, diese beiden Extreme durch gegensätzliche Begriffspaare zu charakterisieren. Der Proband sollte entscheiden, welcher der gegensätzlichen Begriffe seine Selbstwahrnehmung besser beschrieb. Um zu vergleichbaren numerischen Werten zu gelangen, war zwischen die Gegensatzpaare eine Skala mit Bewertungsmöglichkeit von 1 bis 5 gestellt. Der Proband hatte sich zu benoten und konnte dabei auch Dezimalstellen wählen. Er bekam stündlich eine Karte vorgelegt, die gemäß Abb. 1

beschriftet war.

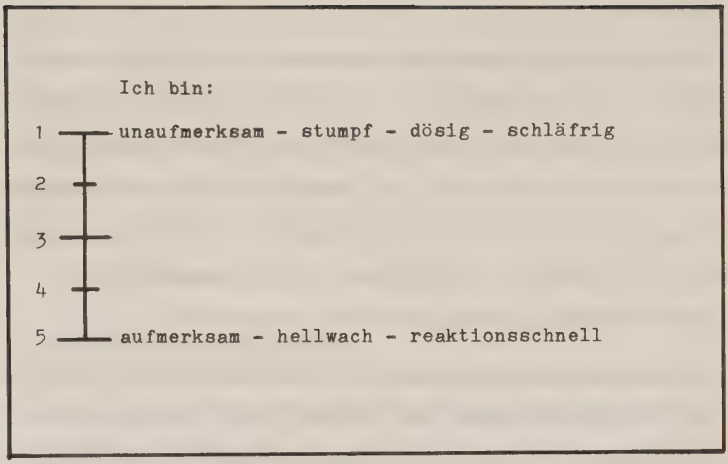


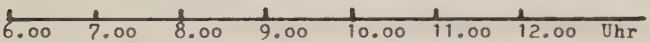
Abb. 1: Befragungsinstument zur stündlichen Selbsteinschätzung der aktuellen Reaktionsbereitschaft des Probanden.

Während der Versuche wurden eine Reihe weiterer Daten erhoben, die hier keine Erwähnung finden, da sie an anderer Stelle ausgewertet werden.

f) Vor Versuchsbeginn füllten alle Probanden den Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG aus. Von den 31 Items dieses Untersuchungsinstrumentes zur Differenzierung von Morgen- und Abendtypen haben sich nach Untersuchungen von H.W. WENDT (1975) besonders 5 Fragen als tragfähig erwiesen. Nur diese im folgenden dargestellten 5 Items werden in unserer Untersuchung zu anderen Parametern in Beziehung gestzt, die übrigen bleiben unberücksichtigt.

Die Items im einzelnen:

1. Wann würden Sie am liebsten am Morgen aufstehen, wenn Sie gänzlich frei in der Planung Ihres Tages wären und keine Rücksicht zu nehmen brauchten, es sei denn auf Ihren eigenen persönlichen Rhythmus?
Machen Sie bitte ein Kreuz auf der für Sie zutreffenden Stelle der Zeitskala.



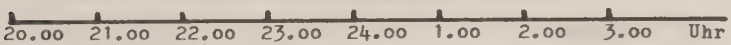
2. Wie schwer fällt Ihnen das morgendliche Aufstehen?

☐ Ich habe große Schwierigkeiten aufzustehen
☐ Es fällt mir nicht leicht aufzustehen
☐ Ich habe selten Schwierigkeiten aufzustehen
☐ Ich kenne keine Schwierigkeiten beim Aufstehen

3. Sind Sie während der letzten 14 Tage verspätet aufgestanden, obgleich Sie rechtzeitig zu Bett gegangen sind?

☐ Es kam nicht vor
☐ Es kam einmal vor
☐ Es ist zwei- oder dreimal vorgekommen
☐ Es ist sehr häufig vorgekommen

4. Zu welchem Zeitpunkt werden Sie abends müde und finden es notwendig zu Bett zu gehen?
Machen Sie bitte ein Kreuz an der für Sie zutreffenden Stelle der Zeitskala.



5. Sie haben sicher schon etwas von sogenannten "Morgenmenschen", die sich morgens am besten fühlen, und "Abendmenschen", solchen, die sich abends am besten fühlen, gehört. Zu welchem dieser Typen würden Sie sich rechnen?

☐ Ausgesprochen ein Morgentyp
☐ Eher ein Morgen- als ein Abendtyp
☐ Eher ein Abend- als ein Morgentyp
☐ Ausgesprochen ein Abendtyp

4. Zeitordnung und Versuchlablauf

Die Zeitordnung einer 26-stündigen Meßperiode sah folgendermaßen aus:

13.oo - 13.3o h Ankunft der Probanden

bis 14.45 h Vorbereitungen für den Versuch:
Anlegen von EKG-Elektroden und Atemfühler,
Information der Probanden über den Versuchsablauf,
Probanden üben 5 Minuten lang Zeitschätzung mittels Stoppuhr. Sie werden aufgefordert, einen inneren Rhythmus bzw. eine Methodik des Zeitschätzens zu entwickeln, die sie über den ganzen Versuchszeitraum hinweg beibehalten sollen.
Erklärung der Schmerzschwellentestung,
Erklärung zu den Fragekarten,
Ausfüllen des Fragebogens von HORNE und ÖSTBERG,
Wiegen,
Beantwortung anamnestischer Fragen

15.oo h Meßbeginn

Die Untersuchung des einzelnen Probanden während der Meßzeit verlief nach folgendem Zeitplan:

1. - 5. Minute	Thermometer wird unter die Zunge des Probanden gelegt und nach genau 5 Minuten (Messung mit Stoppuhr) wieder entfernt und sofort abgelesen. Innerhalb dieser Zeit wird zweimal der Blutdruck im Abstand von einer Minute gemessen.
6. - 8. Minute	6o-Sekunden-Zeitschätzung
9. Minute	Handkraftmessung beidseits, Schmerzschwellentestung
1o.-12. Minute	Beantwortung der Fragekarten

Nach diesem Schema wurden jeweils 2-3 Probanden immer in der gleichen Reihenfolge nacheinander untersucht und zwar im 1., 2. und 3. Viertel einer jeden Stunde. Das 4. Viertel diente zur Kontrolle der Geräte und zur Entspannung des Untersuchers.

Während der 26-stündigen Meßperiode galt die in Tabelle 1 dargestellte Zeitordnung.

Während der Nacht konnten die Probanden selbst entscheiden, ob sie das Licht an oder aus haben wollten. Beides wurde vermerkt, außerdem, ob die Probanden im Zeitraum zwischen zwei Messungen (=45 Minuten) geschlafen, gedöst oder wachgelegen hatten. Den Probanden war es gestattet zu lesen.

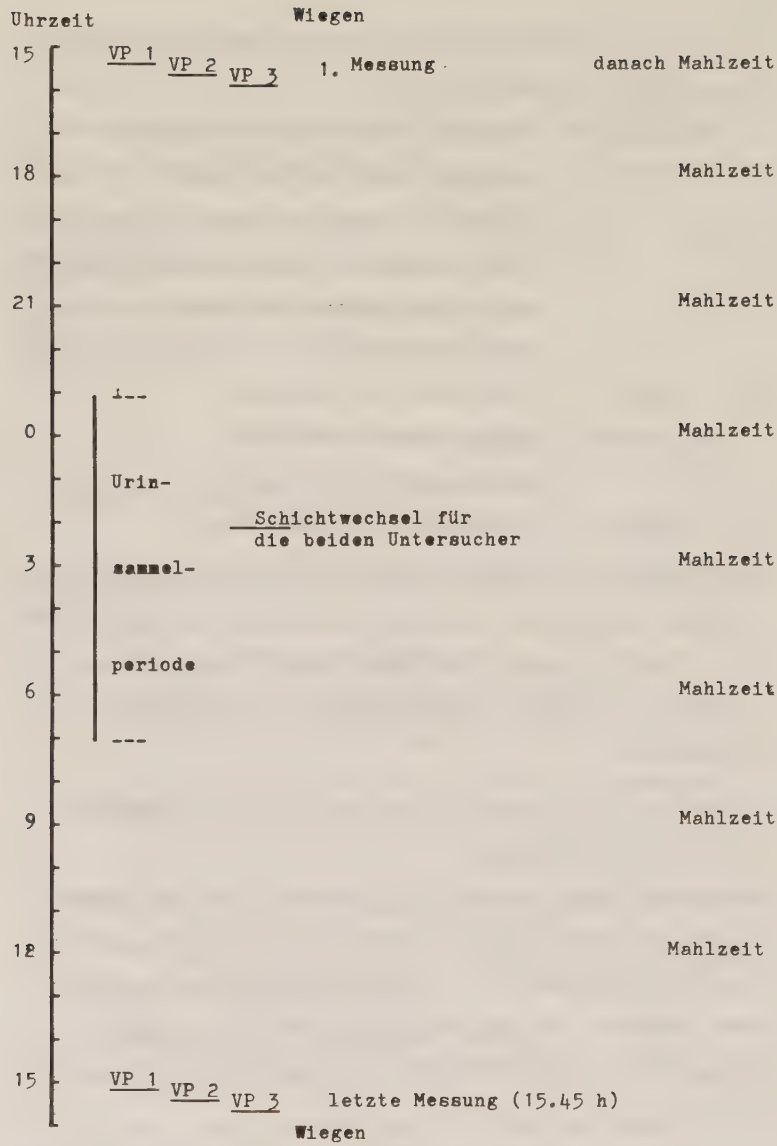


Tabelle 1: Zeitplan der 26-stündigen Versuchsperiode(VP=Versuchsperson)

5. Auswertung und statistische Methodik

a) Herstellen der Vergleichbarkeit der Daten

In dieser Untersuchung ist das Augenmerk nicht auf kurzdauernde chronobiologische Abläufe im Menschen gerichtet, sondern auf die Circadianperiodik. Aus den minütlich ausgedruckten Werten von Puls- und Atemfrequenz wurden daher Stundenmittelwerte errechnet. Erst dadurch war das circadiane Verhalten von Puls- und Atemfreqenz mit den übrigen stündlich erhobenen Daten vergleichbar. Dazu wurden jeweils pro Stunde 12 Werte, nämlich der Ausdruck jeder fünften Minute gemittelt.

Zur Berechnung der Korrelationen zwischen den Daten aus dem tagesrhythmischen Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG (s.o.) und objektiven Meßdaten wurden für die Fragen 1. und 4. die angekreuzten Zahlen auf der Zeitskala zugrunde gelegt. Bei den Fragen 1., 3. und 5. wurden den Antworten von oben nach unten die Noten 1 bis 4 gegeben.

Die bei der Handkraftmessung getrennt registrierten Werte für die rechte und linke Hand eines Probanden wurden zu einem Wert zusammenaddiert. Zur folgenden Berechnung des individuellen Tagesgangs von Handkraft und 6o-Sekunden-Zeitschätzung wurde anders als bei den übrigen Daten zunächst für jeden Probanden der Tagesmittelwert berechnet; sodann wurden die stündlichen Meßwerte des einzelnen in Prozent seines Tagesmittelwertes ausgedrückt. Dadurch war es möglich, trotz erheblicher individueller Unterschiede im Kraft- und Zeitschätzungsniveau die Vergleichbarkeit mit den übrigen Daten zu erreichen.

b) Berechnung der zeitlichen Lage von Tagesminima und -maxima

Zur zeitlichen Bestimmung der Minima und Maxima von Oraltemperatur, Pulsfrequenz, Zeitschätzung, Handkraft und subjektiver Reaktionsbereitschaft wurden die stündlichen Meßwerte bzw. die errechneten Stundenmittelwerte einmal durch übergreifende Dreiermittelung geglättet und danach der Zeitpunkt des Tagesminimums und -maximums bestimmt.

Neben dem beschriebenen Verfahren der Dreiermittelung wird häufig zur Bestimmung der Tagesminima und -maxima die Berechnung der Akrophase nach dem Cosinorverfahren verwandt. Der Korrelationskoeffizient für den Zusammenhang zwischen beiden Verfahren hat den Wert $r = 0{,}6867$, $p < 0{,}001$. x)

c) Berechnung der Höhe des Puls-Atem-Quotienten

Der Berechnung des Quotienten von Puls- und Atemfrequenz ($Q \frac{P}{A}$) liegen die Meßwerte aus dem Zeitraum von 9.00 h - 11.15 h zugrunde. Aus dem minütlichen Ausdruck von Puls- und Atemfrequenz wurde für beide getrennt alle 15 Minuten stichprobenartig ein Wert entnommen. Das ergab jeweils 10 Puls- und 10 Atemfrequenzwerte, die getrennt gemittelt wurden. Aus dem Quotienten dieser beiden Mittelwerte ergab sich der hier verwendete $Q \frac{P}{A}$ - Wert.

Laut HILDEBRANDT (1960) ist seine Höhe ein Indikator der individuellen vegetativen Reaktionslage. Die Höhe des

---

x) Es gilt an dieser Stelle Dank zu sagen an Fräulein Jane Jovonovich, Mitarbeiterin von Prof. F. Halberg an den Chronobiology Laboratories der University of Minnesota, die uns durch ihre Mitarbeit einen Vergleich beider Methoden ermöglichte.

individuellen morgendlichen Q $\frac{P}{A}$ - Wertes wurde daher in zweierlei Weise zur Auswertung herangezogen. Zum einen wurde er direkt mit Kriterien der circadianen Phasenlage des einzelnen korreliert, d.h. mit der zeitlichen Lage der Maxima und Minima der gemessenen Parameter.

Zum anderen wurde das Gesamtkollektiv nach der unterschiedlichen Höhe des individuellen Puls-Atem-Quotienten in drei etwa gleichgroße Gruppen unterteilt, und zwar um zu untersuchen, ob sich Gruppen mit unterschiedlicher vegetativer Reaktionslage auch in ihrer circadianen Phasenlage voneinander unterscheiden.

Für die drei Gruppen wurden jeweils getrennt die mittleren Tagesgänge der einzelnen Parameter berechnet. Dies geschah durch Mittelung der individuellen stündlichen Meßwerte innerhalb der jeweiligen Gruppe. Die so gewonnene Kurve einer jeden Q $\frac{P}{A}$ - Gruppe wurde dann durch einmalige übergreifende Dreiermittlung geglättet und anschließend der Zeitpunkt von Tagesminimum und -maximum bestimmt.

Außerdem wurde geprüft, ob auch die Häufigkeitsverteilung der individuellen Tagesmaxima und -minima von Oraltemperatur, Pulsfrequenz und subjektiver Reaktionsbereitschaft nach Unterteilung des Gesamtkollektivs in drei Gruppen nach der Höhe des Puls-Atem-Quotienten eine Phasenverschiebung erkennen läßt. Dazu wurde der Verteilungsbereich der Maxima bzw. Minima eines Parameters zu einem zeitlich genau definierten Vektor(T) zusammengefaßt nach der Formel:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i \cdot t_i}{F} \quad \text{wobei} \quad F = \sum_{i=1}^{n} f_i$$

f_i = Größe der Häufigkeit
t_i = ihre zeitliche Lage
T = gemeinsamer Zeitvektor aller Häufigkeiten

Alle in der Arbeit angegebenen Mittelwerte wurden arithmetisch bestimmt. Die Berechnung des mittleren Fehlers der Mittelwerte (σ_M) und des Korrelationskoeffizienten (r) als Produktmomentkorrelation (Pearson) geschah nach folgenden Formeln:

$$\sigma_M = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{wobei} \quad \sigma = \pm\sqrt{\frac{\Sigma(x-M)^2}{n-1}}$$

$$r = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$

III. Ergebnisse

1. Korrelationen zwischen subjektiver und objektiver Phasenlage

a) H-Ö-Items - Oraltemperatur

Tabelle 2 zeigt die errechneten Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen der zeitlichen Lage des Temperaturmaximums und -minimums einerseits und den Ergebnissen der 5 aus dem Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG ausgewählten Fragen (im folgenden als H-Ö-Items bezeichnet) andererseits. Die Koeffizienten sind für das Gesamtkollektiv sowie für die Teilgruppen der männlichen und weiblichen Probanden getrennt aufgeführt. Die positiven Vorzeichen der Koeffizienten entsprechen jeweils dem erwarteten Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiv erlebbarer Phasenlage.

Betrachtet man zunächst das Gesamtkollektiv, so finden sich die höchstsignifikanten Beziehungen der objektiven Phasenindikatoren (T_{min}, T_{max}) zur Selbsteinschätzung als Morgen- oder Abendtyp und zum Zeitpunkt des erwünschten (spontanen) morgendlichen Aufstehens. Der Zeitpunkt des spontanen Schlafengehens ergibt nur mit dem Temperaturminimum, die Mühe beim Aufstehen nur mit dem Temperaturmaximum eine statistisch signifikante Korrelation. Die Häufigkeit des morgendlichen Verschlafens läßt in keinem Falle Beziehungen zur objektiven Phasenlage der Körpertemperatur erkennen. Bemerkenswert ist, daß für die meisten Korrelationen erhebliche Unterschiede zwischen der männlichen und weiblichen Teilgruppe bestehen,

	T_{max}			T_{min}		
	♂ (n=18)	♀ (n=12)	gesamt (n=30)	♂ (n=18)	♀ (n=12)	gesamt (n=30)
1.) Zeitpunkt des Aufstehens	+0,409^{x}	+0,356	+0,407^{xx}	+0,616^{xxx}	+0,495	+0,510^{xxx}
2.) Zeitpunkt des Schlafengehens	+0,039	-0,114	-0,000	+0,577^{xx}	+0,261	+0,403^{xx}
3.) Mühe beim Aufstehen	+0,527^{xx}	-0,029	+0,363^{x}	+0,229	+0,352	+0,294
4.) Neigung zum Verschlafen	-0,103	-0,063	-0,005	-0,083	+0,282	+0,141
5.) Morgentyp - Abendtyp	+0,628^{xxx}	+0,159	+0,379^{xx}	+0,584^{xxx}	+0,538^{x}	+0,549^{xxx}

$p < 0,10 = {}^{x}$
$< 0,05 = {}^{xx}$
$< 0,01 = {}^{xxx}$

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen der zeitlichen Lage der individuellen Temperaturmaxima und -minma (T_{max} , T_{min}) einerseits und den 5 ausgewählten Items aus dem Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG andererseits. Getrennte Darstellung der Koeffizienten für die männliche und weibliche Teilgruppe sowie für das Gesamtkollektiv. Die positiven Vorzeichen entsprechen jeweils dem erwarteten Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiv erlebbarer Phasenlage. Für die statistisch signifikanten Korrelationen sind die zugehörigen p-Werte durch Kreuze markiert.

vor allem bei der Typenselbsteinschätzung sowie bei der Mühe des morgendlichen Aufstehens.

b) H-Ö-Items - Puls-Atem-Quotient

Wie Tabelle 3 zeigt, fanden sich zwischen den H-Ö-Items und und der Höhe des individuellen morgendlichen Q $\frac{P}{A}$ in keinem Falle signifikante Korrelationskoeffizienten, und auch bei der Aufgliederung nach Geschlechtern wurden die Koeffizienten für keine der Beziehungen statistisch relevant, wobei allerdings die geringeren Häufigkeiten berücksichtigt werden müssen. Ähnlich wie bei den Korrelationen zur Phasenlage der Oraltemperatur ergeben sich jedoch auch hier die höchsten Koeffizienten für die Beziehung zwischen Q $\frac{P}{A}$ und Zeitpunkt des spontanen Aufstehens sowie zur Typenselbsteinschätzung.

c) H-Ö-Items - 6o-Sekunden-Zeitschätzung

Tabelle 4 stellt die Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen dem Zeitpunkt der maximalen Zeitschätzung (= größte Zeitdehnung) und den H-Ö-Items dar. Richtet man das Augenmerk zunächst wieder auf das Gesamtkollektiv, ergibt sich der sicherste Zusammenhang zur Selbsteinschätzung als Morgen- oder Abendtyp. Beinahe ebenso günstig ist die Beziehung zum Zeitpunkt des spontanen morgendlichen Aufstehens. Bei beiden Items liegen auch die Ergebnisse für die männliche und weibliche Teilgruppe ähnlich günstig wie für das Gesamtkollektiv.

Deutlich darunter liegen aber die Werte für die drei übrigen Fragen, nämlich dem Zeitpunkt des Schlafengehens, der Mühe beim Aufstehen sowie der Häufigkeit des morgendlichen

	$Q_{P/A}$		
	♂ (n=16)	♀ (n=10)	gesamt (n=26)
1.) Zeitpunkt des Aufstehens	+0,219	+0,311	+0,271
2.) Zeitpunkt des Schlafengehens	+0,068	+0,144	+0,106
3.) Mühe beim Aufstehen	+0,077	-0,045	-0,042
4.) Neigung zum Verschlafen	+0,200	-0,510	-0,012
5.) Morgentyp - Abendtyp	+0,314	+0,052	+0,244

Tab. 3: Beziehung zwischen der individuellen Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten ($Q \frac{P}{A}$) und 5 ausgewählten Items. Die Korrelationskoeffizienten sind für die männliche und weibliche Teilgruppe sowie für das Gesamtkollektiv getrennt aufgeführt. Es ergeben sich keine statistisch signifikanten Koeffizienten.

	ZS_{max}		
	♂ (n=18)	♀ (n=9)	gesamt (n=27)
1.) Zeitpunkt des Aufstehens	0,425 x	0,675 xx	0,481 xx
2.) Zeitpunkt des Schlafengehens	0,011	0,009	0,010
3.) Mühe beim Aufstehen	0,461	0,334	0,247
4.) Neigung zum Verschlafen	0,269	0,473	0,092
5.) Morgentyp - Abendtyp	0,585 xx	0,692 xx	0,526 xxx

$p > 0{,}10 = x$
$> 0{,}05 = xx$
$> 0{,}01 = xxx$

Tab. 4: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen den individuellen Zeitpunkten der maximal gedehnten Zeitschätzung (ZS_{max}) und 5 ausgewählten Items.
Alle Koeffizienten haben positive Vorzeichen, d.h. die Ergebnisse liegen in der erwarteten Richtung. Für die statistisch signifikanten Beziehungen ist die Höhe der p-Werte durch Kreuze markiert.

Verschlafens. In keinem Fall ergibt sich eine statistisch signifikante Beziehung. Dabei zeigt von diesen drei Fragen die nach der Mühe beim Aufstehen die günstigsten Werte. Alle Ergebnisse dieses Beziehungsgefüges liegen in der erwarteten Richtung. Es errechnen sich keine negativen Koeffizienten.

d) H-Ö-Items - Pulsfrequenz, Handkraft

Von den H-Ö-Items ergab sich weder zu den Zeitpunkten der minimalen und maximalen Pulsfrequenz noch zur zeitlichen Lage der minimalen und maximalen Handgriffkraft eine statistisch signifikante Beziehung. Die Korrelationskoeffizienten werden deswegen hier nicht im einzelnen aufgeführt.

e) minimale subjektive Reaktionsbereitschaft - Oraltemperatur, $Q\frac{P}{A}$

Die 5 Items des Fragebogens von HORNE und ÖSTBERG beziehen sich auf die Selbsteinschätzung von Gewohnheiten bzw. Bedürfnissen. Die während des Versuchs stündlich gestellte Frage nach der Selbsteinschätzung der Reaktionsbereitschaft des Probanden dagegen bezog sich auf die aktuelle Situation. Auch dieser Faktor aus dem subjektiven Bereich wurde mit Größen aus dem objektiv meßbaren Bereich in Beziehung gesetzt. Tabelle 5 zeigt die Beziehungen zwischen dem Zeitpunkt der minimalen selbsteingeschätzten Reaktionsbereitschaft ($Reakt_{min}$) und der zeitlichen Lage von minimaler (T_{min}) und maximaler Körpertemperatur (T_{max}) sowie dem $Q\frac{P}{A}$. Es zeigt sich, daß der Zeitpunkt der minimalen subjektiven Reaktionsbereitschaft besser mit der zeitlichen Lage des Oraltemperaturminimums

	$Reakt_{min}$		
	♂ (n=13)	♀ (n=11)	gesamt (n=24)
T_{min}	0,160	$0,679^{xx}$	$0,504^{xx}$
T_{max}	0,253	0,333	0,393
$Q_{P/A}$	$0,546^{x}$	-0,057	0,281

$p<0,10=^{x}$
$<0,05=^{xx}$

Tab. 5: Korrelationskoeffizienten zwischen folgenden individuellen Parametern:
Zeitpunkt der minimalen selbsteingeschätzten Reaktionsbereitschaft ($Reakt_{min}$),
Zeitpunkte von Minimum und Maximum der Oraltemperatur (T_{min}, T_{max}),
Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten ($Q\,\frac{P}{A}$).
Mit einer Ausnahme haben die Koeffizienten positve Vorzeichen. Die p-Werte der statistisch signifikanten Beziehungen sind durch Kreuze kenntlich gemacht.

als der des Temperaturmaximums korreliert. Jedoch zeigen sich gerade für T_{min} erhebliche Geschlechtsunterschiede. Deutlich schwächer ist die Beziehung zwischen $Reakt_{min}$ und der Höhe des morgendlichen $Q\frac{P}{A}$. Sie ist für die männliche Teilgruppe auf dem 1o%-Niveau signifikant. Die Gruppe der Probandinnen jedoch ergibt eine schwache Korrelation entgegen dem erwarteten Zusammenhang.

2. Korrelationen zwischen objektiven Meßdaten

a) Puls-Atem-Quotient - Oraltemperatur

Tabelle 6 zeigt die Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen der zeitlichen Lage der minimalen und maximalen Oraltemperatur als Indikatoren der circadianen Phasenlage einerseits und dem $Q\frac{P}{A}$ als Indikator der vegetativen Reaktionslage andererseits. Es ergibt sich eine hochsignifikante Beziehung zwischen $Q\frac{P}{A}$ und T_{max} für das Gesamtkollektiv. Hierzu wurde, wie schon erwähnt, der Zeitpunkt der maximalen Oraltemperatur nach dem Verfahren der einmaligen übergreifenden Dreiermittelung bestimmt. Bei Bestimmung der Akrophase nach dem Cosinorverfahren ergibt sich eine weitaus weniger deutliche Beziehung zum $Q\frac{P}{A}$, die nicht statistisch signifikant ist. Noch etwas schwächer ist die Beziehung zum Zeitpunkt des Temperaturminimums.

b) 6o-Sekunden-Zeitschätzung - T_{min}, T_{max}, $Q\frac{P}{A}$

Nachdem der Zeitpunkt der maximalen Zeitschätzung gut mit zwei Items des Fragebogens von HORNE und ÖSTBERG korrelierte, untersuchten wir auch seine Beziehung zu objektiven Meßdaten.

	$Q_{P/A}$		
	♂ (n=16)	♀ (n=10)	gesamt (n=26)
T_{min}	0,284	0,163	0,230
T_{max}	0,395	0,661^{xx}	0,513^{xxx}

$p<0,05 = ^{xx}$
$<0,01 = ^{xxx}$

Tab. 6: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten ($Q \frac{P}{A}$) und den individuellen Zeitpunkten des Minimums und Maximums der Oraltemperatur (T_{min} , T_{max}). Die statistisch signifikanten Beziehungen sind durch Kreuze gekennzeichnet.

Dabei zeigt sich in Tabelle 7 eine gute Beziehung zur zeitlichen Lage des Körpertemperaturminimums. Die Beziehung zum Körpertemperaturmaximum ist nicht statistisch signifikant. Für den Bezug zum $Q\frac{P}{A}$ erbringt die weibliche Teilgruppe ein Ergebnis entgegen der erwarteten Richtung.

In Tabelle 8 sind als Zusammenfassung noch einmal die Parameter dargestellt, welche eine Beziehung zur Phasenlage der Oraltemperatur haben und zwar in der Reihenfolge ihrer statistischen Signifikanz. Dabei zeigt sich, daß die drei Parameter Aufstehen, Typ, $Reakt_{min}$ (Abkürzungen siehe Tab. 8) zu T_{min} jeweils auf einem höheren Signifikanzniveau stehen als zu T_{max}. Schlafengehen und ZS_{max} korrelieren nur mit T_{min}, $Q\frac{P}{A}$ und Mühe nur mit T_{max}.

	ZS_{max}		
	♂ (n=16)	♀ (n=9)	gesamt (n=25)
T_{min}	0,530 xx	0,385	0,430 xx
T_{max}	0,340	0,008	0,193
$Q_{P/A}$	0,395	-0,319	0,147

$p > 0,05 = xx$

Tab. 7: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen den individuellen Zeitpunkten der maximal gedehnten Zeitschätzung (ZS_{max}) einerseits und andererseits der zeitlichen Lage der individuellen Minima und Maxima der Oraltemperatur (T_{min}, T_{max}) sowie der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten ($Q \frac{P}{A}$).

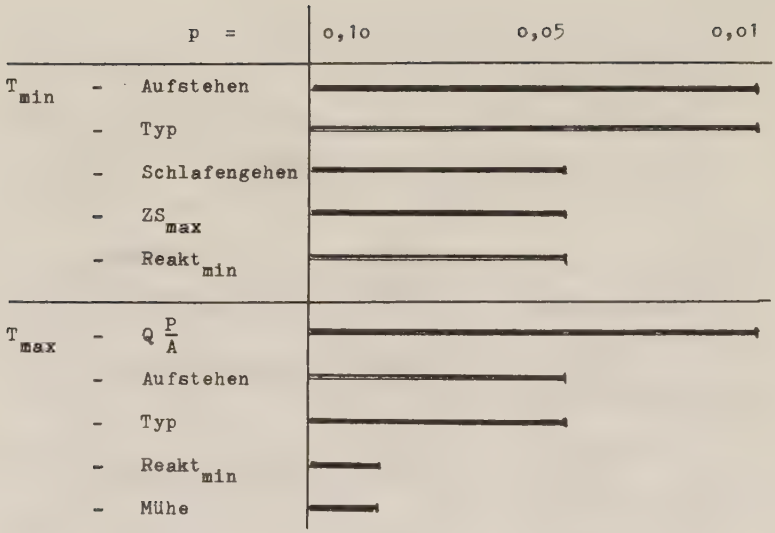


Tabelle 8: Abkürzungen:

T_{min}	=	Zeitpunkt des Oraltemperaturminimums
T_{max}	=	Zeitpunkt des Oraltemperaturmaximums
Aufstehen	=	Zeitpunkt des spontanen morgendlichen Aufstehens
Schlafengehen	=	Zeitpunkt des spontanen Schlafengehens
Typ	=	Selbsteinschätzung als Morgen- oder Abendtyp
ZS_{max}	=	Zeitp. der maximal gedehnten Zeitschätzung
Mühe	=	Mühe beim morgendlichen Aufstehen
$Q\frac{P}{A}$	=	Quotient aus Puls- und Atemfrequenz
$Reakt_{min}$	=	Zeitp. d. subjektiv minimalen Reaktionsbereitsch.

Zusammenfassende Darstellung der Beziehung der angeführten Parameter zur Phasenlage der Oraltemperatur für das Gesamtkollektiv. Reihenfolge nach der Höhe des jeweiligen p-Wertes.

3. Zusammenhang von vegetativer Reaktionslage und circadianer Phasenlage

Nachdem im vorigen Kapitel dargestellt wurde, inwieweit für den einzelnen Probanden ein Zusammenhang zwischen der Höhe des morgendlichen $Q\frac{P}{A}$ und der Phasenlage verschiedener Parameter besteht, wird nun hier untersucht, ob für Gruppen, die nach der Höhe des $Q\frac{P}{A}$ gebildet sind, ein Unterschied in der Phasenlage des mittleren Tagesganges der Parameter zu erkennen ist.

a) Oraltemperatur

Abbildung 2 zeigt die mittleren Tagesgänge der Oraltemperatur getrennt dargestellt für jede der drei $Q\frac{P}{A}$ - Gruppen. Der Gruppe mit hohem $Q\frac{P}{A}$ (>4,5o) ist ein mehr morgentypisches Verhalten zugeordnet: das Minimum liegt bei 3 Uhr, das Maximum bei 14 Uhr. Im Vergleich dazu ergibt sich für die Teilgruppe mit unter 4,oo liegendem Puls-Atem-Quotienten ein mehr abendtypisches Verhalten: das Minimum ist bei 5 Uhr zu finden, das Maximum bei 18 Uhr. Die mittlere Gruppe mit $Q\frac{P}{A}$ - Werten von 4,oo bis 4,5o liegt zwischen der ergotropen (morgentypischen) und trophotropen (abendtypischen) Teilgruppe. Sie hat ihr Minimum bei 4 Uhr, ihr Maximum bei 17 Uhr.
Die Differenz in der Phasenlage der trophotropen und der ergotropen Teilgruppe beträgt mithin für das Minimum des mittleren Tagesganges der Oraltemperatur 2 Stunden, für das Maximum 4 Stunden.
Um dieses Ergebnis noch weiter abzusichern, untersuchten wir die Verteilung der Häufigkeit der Oraltemperaturminima und -maxima über die Stunden des Untersuchungszeitraumes.

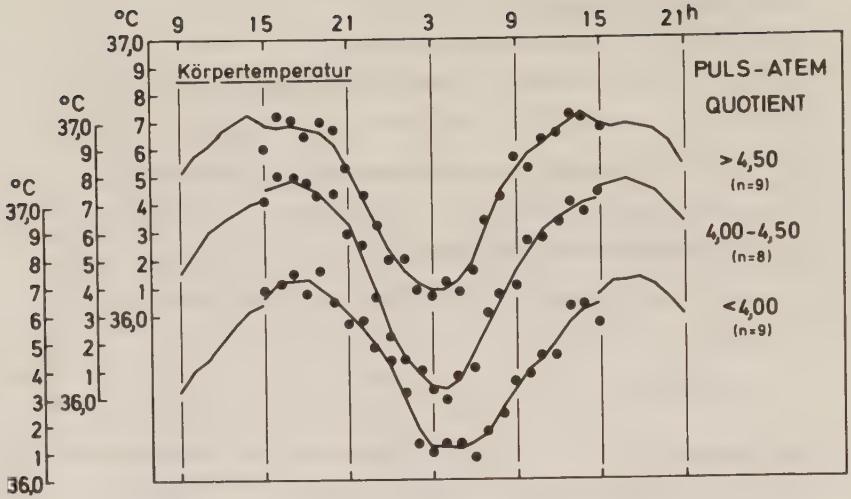


Abb. 2: Mittlere Tagesgänge der Oraltemperatur von drei Gruppen, die nach der individuellen Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten gebildet sind. Die schwarzen Punkte stellen die stündlichen Gruppenmittelwerte der Oraltemperatur dar, die durchgezogene Kurve den mittleren Tagesgang der Oraltemperatur einer Gruppe nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung.

Abbildung 3 zeigt die Häufigkeitsverteilung für die Temperaturminima und -maxima nach einmaliger übergreifender Dreiermittelung. Die meisten Minima liegen bei 3 Uhr. Die größte Häufigkeit der Maxima ist bei 17 Uhr zu finden, darüber hinaus zeigt sich ein Nebengipfel bei 1o und 11 Uhr am Vormittag. Der Vergleich mit den Maxima zeigt, daß die Minima ohne Nebengipfel stärker auf einen schmaleren Tagesabschnitt gebündelt sind.

Untersucht man nun, ob sich nach Aufteilung des Gesamtkollektivs in 3 Gruppen nach der Höhe des $Q \frac{P}{A}$ auch in der Häufigkeitsverteilung der Oraltemperaturminima und -maxima eine Phasenverschiebung erkennen läßt, kommt man zu dem in Abbildung 4 dargestellten Ergebnis. Dabei wurde der zeitliche Streubereich der Maxima bzw. Minima einer Gruppe jeweils zu einem zeitlich genau definierten Vektor (T) zusammengefaßt. Auch hier zeigt sich, daß für die ergotrope Gruppe die Minima und auch die Maxima früher liegen, für die trophotrope Gruppe später. Dabei ist die zeitliche Verschiebung für die Maxima deutlicher als für die Minima.

Damit finden die oben dargestellten Ergebnisse hinsichtlich der mittleren Tagesgänge der Oraltemperatur für die 3 $Q \frac{P}{A}$ - Gruppen eine zusätzliche Bestätigung.

b) Pulsfrequenz

Auch den mittleren Tagesgang der Ruhepulsfrequenz berechneten wir getrennt für trophotrope ($Q \frac{P}{A} < 4{,}oo$), indifferente ($Q \frac{P}{A}$ 4,oo - 4,5o) und ergotrope Probandengruppen ($Q \frac{P}{A} > 4{,}5o$). Das Ergebnis zeigt Abbildung 5. Die ergotrope Gruppe hat ihr Pulsfrequenzminimum bei 3 Uhr, ihr Maximum bei 16 Uhr.

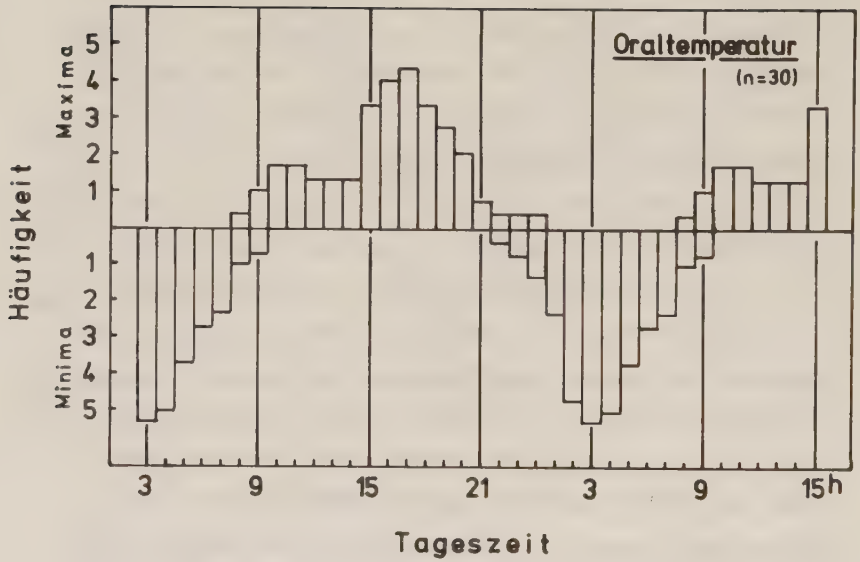


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der individuellen Maxima und Minima der Oraltemperatur über die Tageszeit für das Gesamtkollektiv nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung.

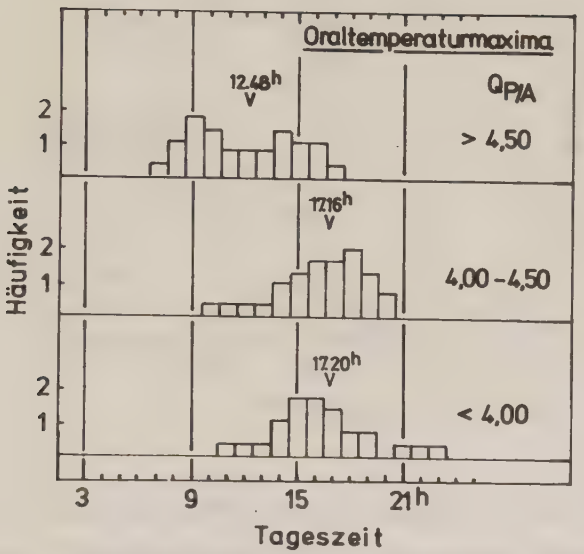


Abb. 4 (1. Teil): Legende siehe nächste Seite.

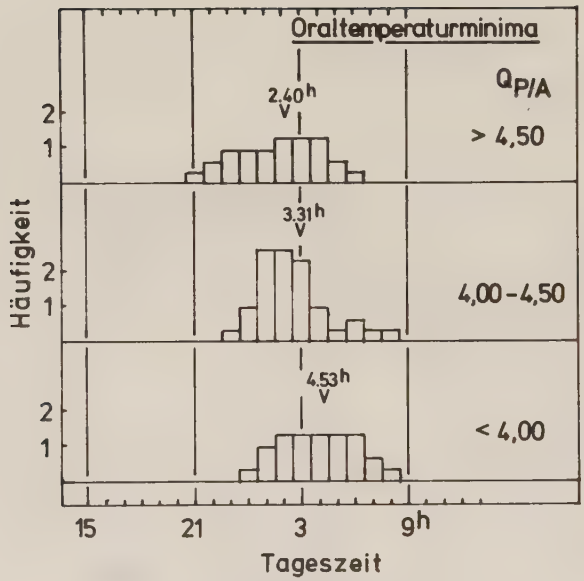


Abb. 4 (2.Teil): Häufigkeitsverteilung der individuellen Maxima und Minima der Oraltemperatur über die Tageszeit nach einmaliger übergreifender Dreiermittelung. Getrennte Darstellung für drei Gruppen, die nach der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten ($Q \frac{P}{A}$) gebildet sind.
Darüber jeweils mit Pfeil angegeben: zeitliche Lage des Zeitvektors einer Gruppe nach Zusammenfassung des Streubereichs (gemäß Darstellung in Kap. II. 5. c)).

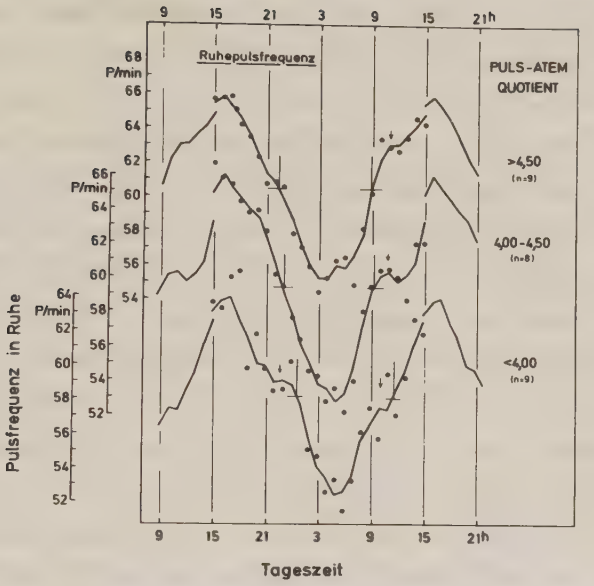


Abb. 5: Mittlere Tagesgänge der Ruhepulsfrequenz von drei Gruppen, die nach der individuellen Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten gebildet sind. Die schwarzen Punkte stellen die stündlichen Gruppenmittelwerte der Ruhepulsfrequenz dar, die durchgezogene Kurve den mittleren Tagesgang der Ruhepulsfrequenz einer Gruppe nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung. Die senkrechten Pfeile weisen auf das morgendliche bzw. das abendliche Pulsplateau hin. Die dünnen waagerechten Linien stellen den Amplitudengleichwert dar, das darauf gefällte Lot den Zeitpunkt, zu dem er jeweils durchlaufen wird.

Sie eilt damit der trophotropen Gruppe mit ihrem Minimum 2 Stunden, mit dem Maximum 1 Stunde voraus. Die indifferente Gruppe hat ihr Minimum bei 5 Uhr und gleicht damit der trophotropen Gruppe, während ihr Maximum bei 16 Uhr gleichzeitig mit dem der ergotropen Gruppe liegt. In der Abbildung ist für jede der Gruppen der Amplitudengleichwert eingezeichnet. Er soll zweierlei verdeutlichen: erstens sind die morgendlichen und abendlichen Durchgänge für die drei Gruppen deutlich phasenverschoben, und zwar eilt wiederum die ergotrope Gruppe der trophotropen Gruppe voraus. Zweitens hilft er, die Unterschiede in der Reaktion auf die morgendliche Aktivierung zu erkennen. In den 3 Kurven zeigt sich nämlich am Vormittag zwischen 1o und 12 Uhr jeweils ein Plateau. Dieses entspricht dem morgendlichen Pulsanstieg. Dabei liegt dieses Plateau für die morgentypische Gruppe deutlich über dem Amplitudengleichwert, für die mittlere knapp darüber und für die abendtypische darunter, entsprechend einer stärkeren bzw. schwächeren Aktivierungsreaktion. Weiterhin ist zu bemerken, daß die Amplitudengleichwerte hinsichtlich ihrer absoluten Höhe wiederum eine Reihenfolge erkennen lassen: die Morgengruppe liegt mit 6o,5 Pulsschlägen pro Minute am höchsten, gefolgt von der Mittelgruppe mit 59,5 und der Abendgruppe mit einer Pulsfrequenz von 58,3 . Das heißt, die Morgengruppe schwingt im mittleren Tagesgang der Ruhepulsfrequenz um ein höheres Niveau als die Abendgruppe.

Sehen wir nun vom Kurvenverlauf am Morgen auf den abendlichen, erkennen wir für die Abendgruppe ein Kurvenplateau bei

22 - 24 Uhr, das bei den beiden anderen Gruppen fast fehlt. Die nach der vegetativen Reaktionslage gesonderten Gruppen unterscheiden sich also deutlich sowohl in ihrer Phasenlage als auch im morgendlichen und abendlichen Kurvenverlauf sowie der Höhe des Amplitudengleichwertes.

Um zu vergleichen, ob auch andere Kriterien als die Höhe des $Q\frac{P}{A}$ eine Differenzierung von Gruppen mit unterschiedlicher Phasenlage des mittleren Tagesganges der Ruhepulsfrequenz ermöglichen, wurde hier nun ein in der Literatur häufig benutztes Kriterium zur Gruppendifferenzierung angewandt, nämlich die Phasenlage der Oraltemperatur. In der Regel wird dabei das Augenmerk entweder nur auf die zeitliche Lage des Maximums oder nur des Minimums gerichtet. In unserem Falle sind beide - zeiliche Lage des Minimums und des Maximums - Grundlage der Differenzierung, indem beide durch einfache Subtraktion der zugehörigen Uhrzeiten gleichzeitig in die Berechnung eingingen. Das Gesamtkollektiv wurde nach der Höhe der so berechneten Indizes in 3 gleichgroße Gruppen geteilt. Die niedrigen Werte entsprachen der Morgengruppe, die hohen der Abendgruppe. Abbildung 6 zeigt die mittleren Tagesgänge der Ruhepulsfrequenz der in dieser Weise unterschiedenen Gruppen. Sie sind den in Abbildung 5 dargestellten Kurvenverläufen so ähnlich, daß sich eine getrennte Besprechung erübrigt. Jedoch sind die hier auftretenden Unterschiede der 3 Gruppen weitaus uncharakteristischer als bei der Differenzierung nach der vegetativen Reaktionslage. Denn: die Maxima liegen für alle 3 Gruppen gleichzeitig bei 16 Uhr, die zeitliche Lage des Minimums der Mittelgruppe paßt sich nicht zwischen die Morgen und Abend-

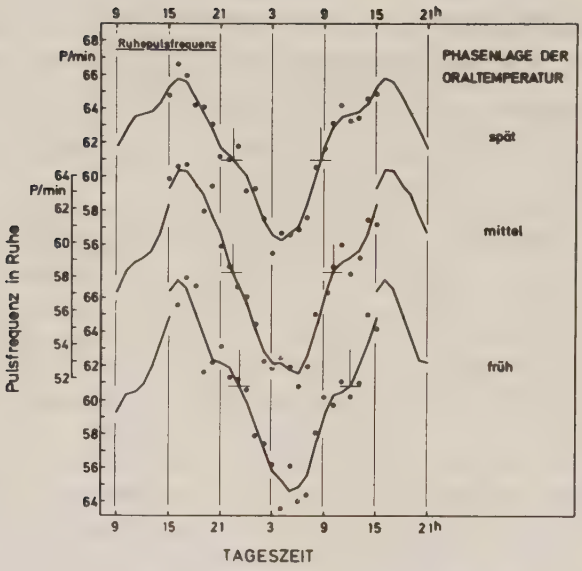


Abb. 6: Mittlerer Tagesgang der Ruhepulsfrequenz für drei Gruppen, die nach der individuellen Phasenlage der Oraltemperatur gebildet sind (Berechnung siehe Text zu dieser Abb.). Gruppenstärke jeweils n=9 . Die schwarzen Punkte repräsentieren die stündlichen Gruppenmittelwerte, die durchgezogene Kurve den mittleren Tagesgang der Ruhepulsfrequenz einer Gruppe nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung. Die dünne waagerechte Linie stellt den Amplitudengleichwert dar, das darauf gefällte Lot den Zeitpunkt, zu dem er jeweils durchlaufen wird.

gruppe ein und es besteht keine Zuordnungsmöglichkeit zwischen Höhe des Amplitudengleichwertes und Morgen- bzw. Abendgruppe.

Ähnlich wie für die Oraltemperatur ist auch hier für die Minima und Maxima der Ruhepulsfrequenz die Häufigkeitsverteilung über die Zeit dargestellt, und zwar wiederum getrennt für 3 Q $\frac{P}{A}$ - Gruppen. Abbildung 7 zeigt, daß das Verteilungsmuster der Maxima uncharakteristisch ist. Demgegenüber ist zu erkennen, daß sich für die Häufigkeitsverteilung der Pulsfrequenzminima wiederum eine Phasenverschiebung ergibt in dem Sinne, daß der Zeitvektor (T) der Morgengruppe vor dem der Mittel- und Abendgruppe liegt.
Während die Verteilung der Pulsfrequenzminima die Phasenverschiebung im mittleren Tagesgang der Pulsfrequenz noch einmal bestätigt, bewahrt das Bild der Häufigkeitsverteilung der Pulsfrequenzmaxima vor dem naheliegenden Irrtum, daß der überwiegende Teil der ergotropen Versuchspersonen seine Maxima in den Vormittagsstunden hat. Das in Abbildung 5 beschriebene hohe Niveau des morgendlichen Pulsplateaus der ergotropen Gruppe resultiert also nicht aus einer Häufung der Pulsfrequenzmaxima am Vormittag, sondern entsteht durch eine im Vergleich zu den anderen Teilgruppen stärkere morgendliche Pulsbeschleunigung.

c) Handgriffkraft

Abbildung 8 zeigt den mittleren Tagesgang der Handgriffkraft im oberen Abschnitt zunächst für das Gesamtkollektiv. Bei nahezu sinusförmigem Kurvenverlauf ist das Maximum bei 2o Uhr,

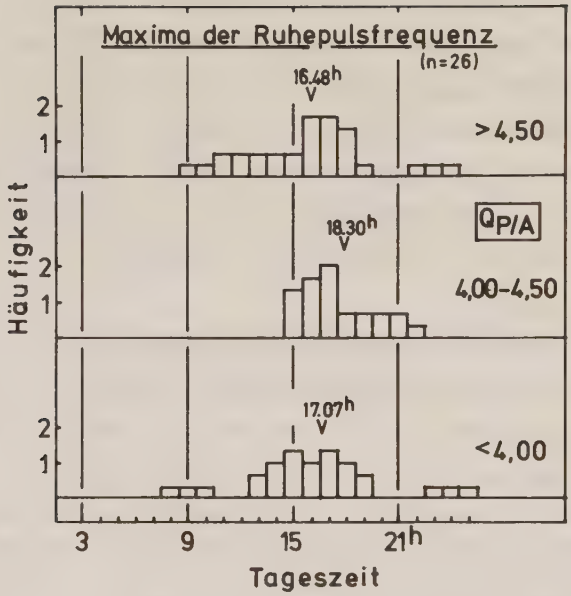


Abb. 7 (1. Teil): Legende siehe nächste Seite.

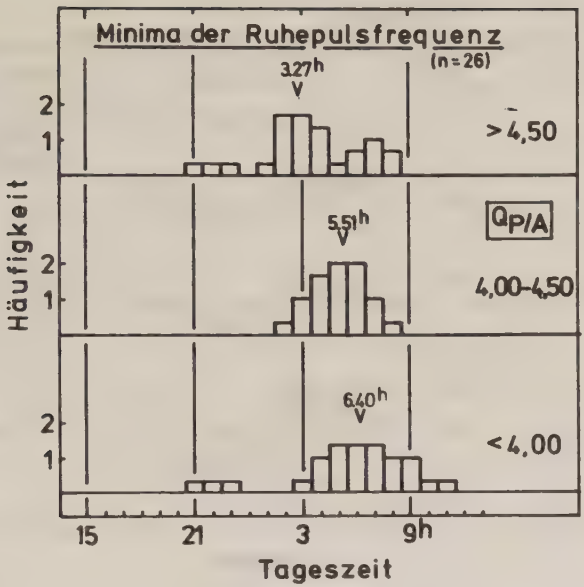


Abb. 7 (2.Teil): Häufigkeitsverteilung der individuellen Maxima und Minima der Ruhepulsfrequenz über die Tageszeit nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung. Getrennte Darstellung für drei Gruppen, die nach der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten ($Q \frac{P}{A}$) gebildet sind. Darüber jeweils mit Pfeil: zeitliche Lage des Zeitvektors einer Gruppe nach Zusammenfassung des Streubereichs.

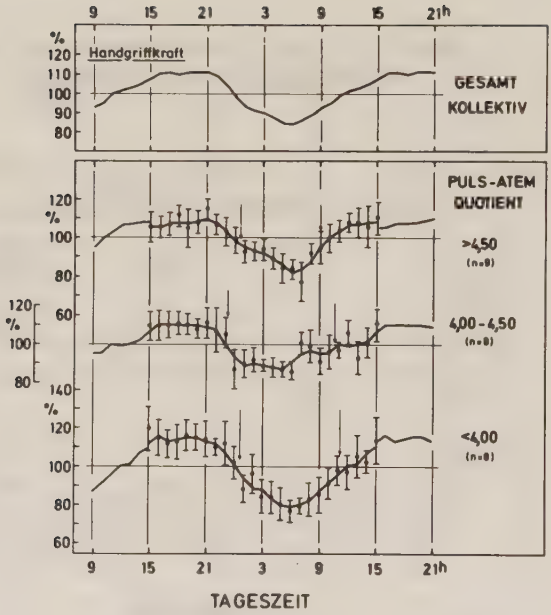


Abb. 8: Mittlerer Tagesgang der Handgriffkraft zum einen für das Gesamtkollektiv, zum andern nach dessen Aufteilung in drei Gruppen nach der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten. Die Klammern bezeichnen den mittleren Fehler des Mittelwertes, die durchgezogene Kurve den mittleren Tagesgang der Handgriffkraft nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung. Die senkrechten Pfeile weisen auf die Zeitpunkte, zu denen jeweils der Amplitudengleichwert durchlaufen wird. Die Handgriffkraft ist in % der individuellen Tagesmittelwerte berechnet.

das Minimum bei 6 Uhr zu finden. Auch hier wurde untersucht, ob sich eine unterschiedliche Phasenlage für den mittleren Tagesgang der Handgriffkraft ergibt, wenn das Gesamtkollektiv in 3 Gruppen nach der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten geteilt wird. Es zeigt sich, daß weder die zeitliche Lage der Minima und der Maxima noch die Zeitpunkte, in denen jeweils der Amplitudengleichwert durchlaufen wird, eine Abgrenzung von gruppentypischen Merkmalen zuläßt.

Abbildung 9 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Kraftminima und -maxima über die Zeit für das Gesamtkollektiv. Keiner der Probanden erreicht seinen Maximalwert nachts zwischen 1 und 5 Uhr, die meisten Maxima liegen in der Zeit von 17 bis 22 Uhr. Die größte Häufung der Minima ist um 6 Uhr nachts herum zu finden, die Minima sind jedoch über den gesamten Versuchszeitraum verteilt mit weiteren Spitzen bei 13, 18 und 24 Uhr. Berechnet man die Häufigkeitsverteilung getrennt für die drei $Q\,\frac{P}{A}$ - Gruppen, ergibt sich eine uncharakteristische Verteilung über den Tag.

Die Gruppenbildung nach der Höhe des morgendlichen $Q\,\frac{P}{A}$ ergibt mithin weder im Hinblick auf die Häufigkeitsverteilung der Maxima und Minima noch im Hinblick auf den mittleren Tagesgang der Handgriffkraft charakteristische Unterscheidungsmerkmale.

d) Subjektive aktuelle Reaktionsbereitschaft

Abbildung 10 zeigt zunächst den mittleren Tagesgang der selbsteingeschätzten Reaktionsbereitschaft unter Versuchsbedingungen für das Gesamtkollektiv. Der Kurvenverlauf zeigt, daß die Reaktionsbereitschaft am Tage höher, in der Nacht geringer eingeschätzt wird, mit einem Minimum bei 4 Uhr und einem

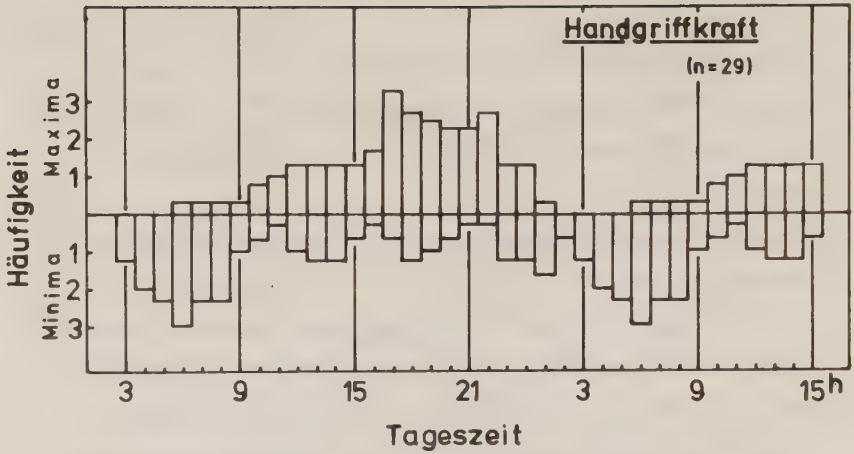


Abb. 9: Häufigkeitsverteilung der Maxima und Minima der Handgriffkraft über die Tageszeit für das Gesamtkollektiv nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung.

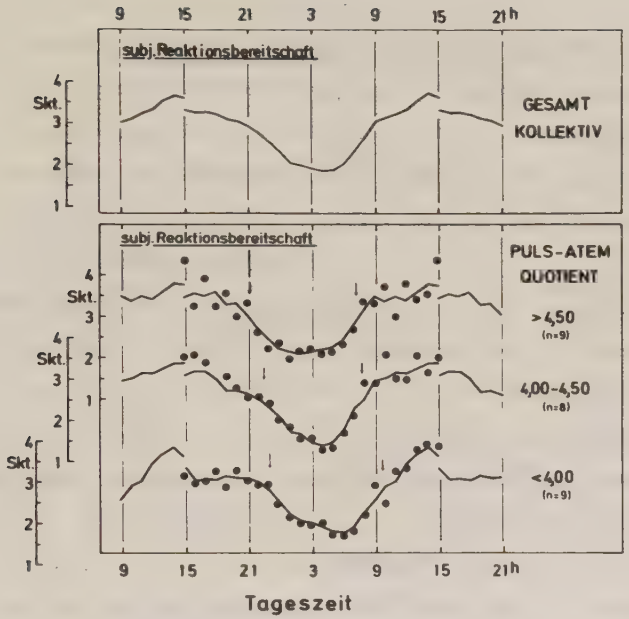


Abb. 1o: Mittlerer Tagesgang der subjektiven Reaktionsbereitschaft zum einen für das Gesamtkollektiv, zum andern nach dessen Aufteilung in drei Gruppen nach der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten. Auf der Ordinate sind die Skalenteile der Selbstbenotung aufgetragen. Die schwarzen Punkte kennzeichnen die stündlichen Gruppenmittelwerte, die durchgezogene Kurve den mittleren Tagesgang nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung. Die senkrechten Pfeile weisen auf die Zeitpunkte, zu denen jeweils der Amplitudengleichwert durchlaufen wird.

Maximum bei 14 Uhr. Auch an diesem Material wurde nun untersucht, ob die Aufteilung des Gesamtkollektivs in Gruppen trophotroper und ergotroper Individuen charakteristische Unterschiede erbringt. Die getrennten Kurvenverläufe für die drei Gruppen sind ebenfalls in Abbildung 1o dargestellt. Die Zeitpunkte der minimalen selbsteingeschätzten Reaktionsbereitschaft sind deutlich phasenverschoben. Die ergotrope Gruppe hat ihr Minimum bei 2 Uhr, die mittlere bei 4 Uhr, die trophotrope bei 6 Uhr, d.h. die Phasenverschiebung zwischen der tropho- und der ergotropen Gruppe beträgt 4 Stunden. Eine Phasenverschiebung im gleichen Sinne besteht auch für die morgendlichen und abendlichen Durchgänge durch den Amplitudengleichwert. Die Maxima der mittleren Tagesgänge der selbsteingeschätzten Reaktionsbereitschft liegen für alle drei Gruppen zum gleichen Zeitpunkt, nämlich gegen Ende des Versuchszeitraumes bei 14 Uhr. Dabei ist zu beachten, daß bei den drei Gruppen übereinstimmend die Werte zu Versuchsbeginn (15 Uhr) niedriger liegen als am Ende des Versuches 24 Stunden später.

Untersucht man auch hier, ob der Phasenverschiebung im mittleren Tagesgang auch Unterschiede in der zeitlichen Verteilung der Minima entsprechen, ergibt sich die in Abbildung 11 dargestellte Situation. Die Phase des Zeitvektors (T) ist bei der ergotropen Gruppe gegenüber der mittleren und trophotropen deutlich vorverschoben. Somit bestätigen sich auch hier die Ergebnisse gegenseitig.

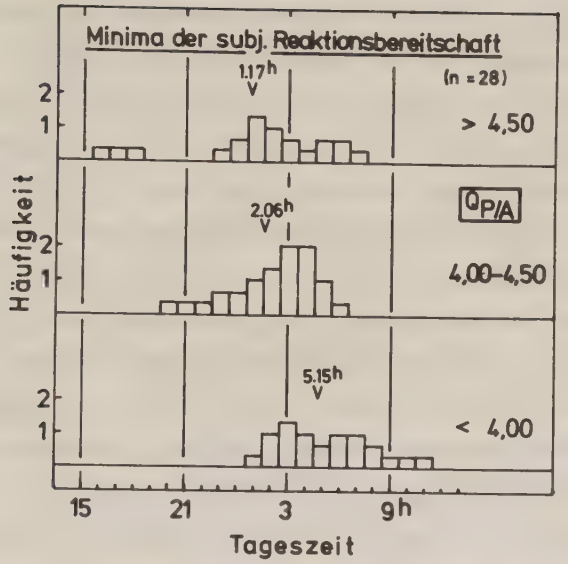


Abb. 11: Häufigkeitsverteilung der individuellen Minima der subjektiven Reaktionsbereitschaft über die Tageszeit nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung. Getrennte Darstellung für drei Gruppen, die nach der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Qotienten ($Q \frac{P}{A}$) gebildet sind. Darüber jeweils mit Pfeil: zeitliche Lage des Zeitvektors einer Gruppe nach Zusammenfassung des Streubereichs.

e) 60-Sekunden-Zeitschätzung

Abbildung 12 zeigt den Verlauf des mittlern Tagesganges der Zeitschätzung für das Gesamtkollektiv. Dabei ergibt sich für die Nachtzeit eine Tendenz zur Zeitdehnung, d.h. es werden Werte geschätzt, die über dem individuellen Mittelwert liegen, umgekehrt erkennt man am Tage eine Tendenz zur Zeitraffung mit Schätzwerten unterhalb des individuellen Mittelwertes.
Bei Aufteilung des Kollektivs in drei $Q \frac{P}{A}$ - Gruppen zeigt sich jedoch, daß die Gruppen völlig unterschiedliche Kurvenverläufe haben mit teilweise sehr hohem mittleren Fehler des Mittelwertes. Dies weist darauf hin, daß bereits die individuellen Zeitschätzungskurven starke unregelmäßige Schwankungen aufweisen müssen, was sich auch bei Durchsicht der Einzelkurven bestätigt. Da der $Q \frac{P}{A}$ in diesem Falle nicht geeignet ist, charakterisierende mittlere Tagesgänge für die einzelnen Gruppen voneinander abzugrenzen, war es von Interesse, ob nicht eine Beziehung zu den Tagesmittelwerten bestand.
Tatsächlich ergibt sich eine negative Korrelation auf dem Niveau von 10% Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen der Höhe des $Q \frac{P}{A}$ und der Höhe des individuellen Tagesmittelwertes der Zeitschätzung, d.h. Versuchspersonen mit ergotroper Reaktionslage neigen im Mittel zur Zeitraffung, solche mit trophotroper Reaktionslage vergleichsweise zur Zeitdehnung.
Daß für das Gesamtkollektiv der mittlere Tagesgang durch Zeitraffung am Tage und -dehnung in der Nacht bestimmt ist (wie oben dargestellt), wird auch durch die Häufigkeitsverteilung der Minima und Maxima bestätigt. Abbildung 13 zeigt, daß die Maxima ihre größte Häufung um 3 Uhr nachts herum haben, die

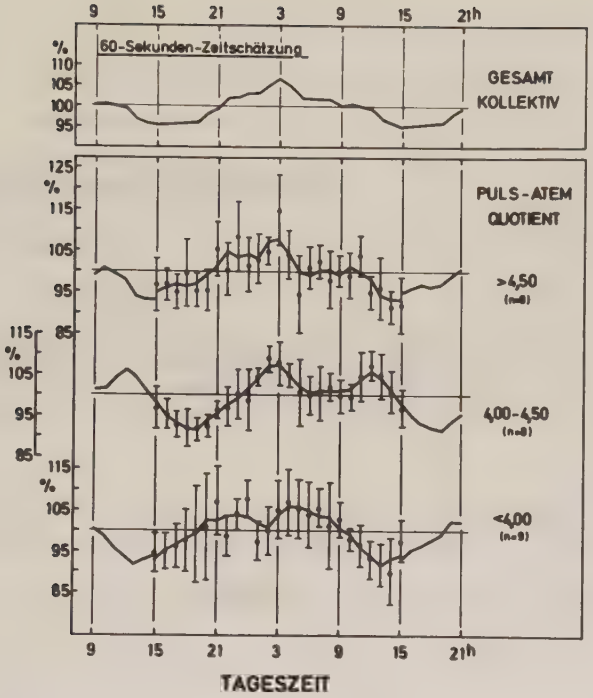


Abb. 12: Mittlerer Tagesgang der 6o-Sekunden-Zeitschätzung einmal für das Gesamtkollektiv, zum andern für drei Gruppen, die nach der Höhe des morgendlichen Puls-Atem-Quotienten gebildet sind. Die Klammern bezeichnen den mittleren Fehler des Mittelwertes, die durchgezogene Linie den mittleren Tagesgang nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung.
Die Zeitschätzung ist in % der individuellen Tagesmittelwerte ausgedrückt.

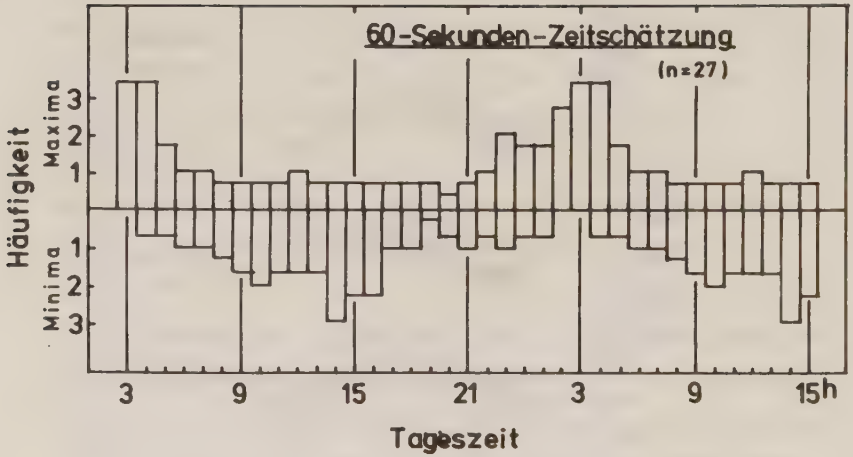


Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der individuellen Maxima und Minima der Zeitschätzung über die Tageszeit für das Gesamtkollektiv nach Glättung durch einmalige übergreifende Dreiermittelung.

Minima in der Vormittags- und Mittagszeit.
Die Ergebnisse zeigen, daß sich der $Q \frac{P}{A}$ hier zwar der individuellen Mittellage der Zeitschätzung zuordnen läßt, nicht aber eine Differenzierung charakteristischer mittlerer Tagesgänge der Zeitschätzung ermöglicht.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß sich in unsrer Untersuchung ein Zusammenhang von vegetativer Reaktionslage - repräsentiert durch die Höhe des morgendlichen $Q \frac{P}{A}$ - und der Phasenlage des mittleren Tagesgangs von Oraltemperatur, Pulsfrequenz und selbsteingeschätzter aktueller Reaktionsbereitschaft gezeigt hat.
Nicht evident wurde dieser Zusammenhang für die Tagesgänge der Handgriffkraft und der 60-Sekunden-Zeitschätzung.
Die deutlichste Phasenverschiebung zwischen den drei Gruppen mit unterschiedlicher vegetativer Reaktionslage ergab sich für das Minimum der selbsteingeschätzten aktuellen Reaktionsbereitschaft. Die Minima lagen bei 2, 4 und 6 Uhr. Die Maxima der Oraltemperatur bei 14, 17 und 18 Uhr waren noch deutlicher abgegrenzt als deren Minima bei 3, 4 und 5 Uhr. Etwas schwächer war die Phasendifferenzierung bei der Pulsfrequenz. Bei den Minima - 3, 5 und 5 Uhr - lagen Mittel- und Abendgruppe zeitgleich, bei den Maxima - 16, 16 und 17 Uhr - Mittel- und Morgengruppe.

IV. Diskussion

1. Zur Methodik

Wie eingangs erwähnt, soll durch diese Arbeit geklärt werden, ob der Zusammenhang zwischen subjektiv erlebbarer und objektiv gemessener Phasenlage auch dann gilt, wenn äußere Aktivierungsfaktoren weitgehend ausgeschaltet sind. Bei der Wahl der Methodik stehen grundsätzlich zwei Wege offen. Rhythmologische Untersuchungen können einerseits so unternommen werden, daß die Versuchsperson weitgehend in ihre gewohnte Umgebung eingegliedert bleibt. Diese Art der Untersuchung ist mehr empirisch ausgerichtet. Es bleibt die Frage offen, welcher der vielen einwirkenden Reize aus der Umwelt die beobachteten Phänomene beeinflußt.

Andererseits kann so vorgegangen werden, daß von der Vielzahl erkannter äußerer Beeinflussungsfaktoren entweder alle ausgeschaltet werden, oder es werden nur bestimmte belassen und die übrigen als Störeinflüsse ausgeschaltet, um so die Wirkung einzelner Beeinflussungsfaktoren getrennt untersuchen zu können. Diesen Weg gingen z.B. ASCHOFF und WEVER (1962) bei ihrer Untersuchung über die Spontanperiodik des Menschen bei Ausschluß aller Zeitgeber. Nachdem ÖSTBERG (1972) bereits Schichtarbeiter während ihres normalen Aktivitätszyklus untersucht hatte und andererseits sein Fragebogen auch im Zusammenhang mit autorhythmometrisch erhobenen Daten untersucht war (WENDT und JOVONOVICH 1975), galt es zu klären, ob nicht die dabei gefundenen Ergebnisse durch die situationsbdingte Aktivität der Probanden bedingt waren.

Daher war die Methodik unserer Untersuchung darauf abgestellt,

selektiv den Faktor der von außen gesteuerten Aktivität auszuschalten, während andere äußere Reize, wie optische und akustische belassen wurden. Bei Wahl dieser Methodik bleibt die Frage offen, ob die beobachteten Phänomene noch eine Aussage über das Verhalten unter Normalbedingungen zulassen. MILLS (1967) und PANFEROVA (1970) berichten z.B., daß für Personen unter Bewegungsarmut und Bettruhe der circadiane Rhythmus der Oraltemperatur weniger ausgeprägt oder unregelmäßig ist. Ebenso ist es bekannt, daß die Monotonie der Versuchsbedingungen, die für den Probanden neue Untersuchungssituation (first night effect) sowie das nächtliche Wecken (ASCHOFF 1972) einen Einfluß auf die Daten aus dem subjektiven wie objektiven Bereich haben. Die unter derartigen Sonderbedingungen gefundenen Ergebnisse finden demgemäß in dieser Arbeit erst in Zusammenschau mit Ergebnissen von Untersuchungen unter Normalbedingungen ihre Bewertung.

Als Versuchspersonen dienten uns gesunde Studenten. Damit hatten wir im Hinblick auf Alter und Lebenssituation ein recht homogenes Kollektiv. Kaum eine Bevölkerungsgruppe ist in der Lage, derart gemäß eigenen Bedürfnissen und unabhängig von einem von außen auferlegten Tagesplan zu leben, was ganz im Sinne einer Untersuchung war, die den Einfluß exogen bedingter Aktivität gering halten wollte. Dadurch, daß eine Motivation zur Teilnahme an den Versuchen nur aufgrund der finanziellen Vergütung bestand und Erklärungen zu Ziel und Fragestellung der Versuche erst nach deren Beendigung gegeben wurden, war eine Beeinflussung der Ergebnisse von dieser Seite her vermieden. CHILES (1968) berichtet nämlich über den Einfluß der

Motivation, daß durch Information der Probanden über die Ergebnisse vergangener Versuche die Untersuchungsergebnisse beeinflußt werden.

Etwa ein Drittel unserer Versuchspersonen war weiblichen Geschlechts. Um die Zyklusphasen des rapiden Temperaturanstiegs bzw. -abfalls auszuschließen, untersuchten wir die Probandinnen nicht während des wahrscheinlichen Ovulationstermines und nicht vor bzw. während der Menstruation. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß sich sowohl für die vegetativen Parameter als auch für die subjektive Selbsteinschätzung bei den weiblichen Probanden Streuungen dadurch ergaben, daß ein Teil von ihnen Kontrazeptiva einnahm, die andere Gruppe sich wiederum aus solchen vor und solchen nach der Ovulation zusammensetzte.

Was nun die Methodik unserer Messungen betrifft, so wurde in einer Voruntersuchung geklärt, inwieweit die Meßwerte der thermoelektrisch registrierten Rektaltemperatur mit den durch Quecksilberthermometer gemessenen Oraltemperaturwerten übereinstimmen. Dabei zeigte sich eine gute Übereinstimmung beider Methoden. Die Verwendung des Quecksilberthermometers bot jedoch den Vorteil größerer Genauigkeit, da durch Schätzung eine Ablesemöglichkeit bis 10^{-2} °C bestand, während das Thermoregistriergerät nur im Bereich bis 10^{-1} °C anzeigte.

Die Atemfrequenzregistrierung mit Hilfe thermoelektrischer Messung des Inspirationsbeginns im Naseneingang (HILDEBRANDT und STORCH 1967) ergab nur bei einem Probanden mit Schnupfen schlechte Resultate. Die Alternativmethode, Messung der Atemfrequenz anhand der Veränderungen des Thoraxumfanges, erwies sich als zu störanfällig für Körperbewegungen, die als

Atemzüge registriert wurden.

Zur Zeitschätzung sind aus der Psychologie vier Methoden bekannt (FRAISSE 1962) :

1. Die Reproduktionsmethode:
   eine vorgegebene Zeitspanne wird von der Versuchsperson reproduziert.
2. Vergleichsmethode:
   bei zwei aufeinanderfolgenden vorgegebenen Zeitabschnitten muß entschieden werden, ob der zweite kleiner, gleich oder größer war als der erste.
3. Schätzungsmethode:
   ein vorgegebener Zeitabschnitt wird in Minuten oder Sekunden geschätzt.
4. Herstellungsmethode:
   ein in konventionellen Zeiteinheiten ausgedrückter Abschnitt wird hergestellt.

Wenn der Proband während des Versuches zählen, klopfen oder sonst einen zeitlichen Anhalt gewinnen darf, spricht man von ausgefüllten Intervallen, wenn nicht, von leeren.

Wir wandten eine Mischform aus Herstellungs- und Reproduktionsmethode mit ausgefüllten Intervallen an. Dadurch, daß wir alle Probanden zunächst fünf Minuten lang die 6o-Sekunden-Zeitschätzung üben ließen, waren gleiche Voraussetzungen für alle Probanden hergestellt. Möglicherweise wäre es günstiger gewesen, weiterhin über den ganzen Versuchzeitraum hinweg die Reproduktionsmethode beizubehalten. GILLIAND & HUMPHREYS (1943) beschrieben, daß die Reproduktion präziser sei als Schätzung und Herstellung. Diese Präzision wäre für unsere Untersuchung

jedoch eher von Nachteil gewesen, da wir gerade in der großen Streuung unserer Methode bestimmte gruppenspezifische Merkmale zu finden hofften.

Was die Selbsteinschätzung aktuellen Befindens angeht, existieren eine Reihe von ähnlichen aber im einzelnen unterschiedlichen Methoden, sodaß direkte Vergleiche schwierig erscheinen. Die Unterschiede beziehen sich einmal auf die Anzahl von Noten, die dem Probanden zur Selbstbewertung vorgegeben werden. Bei DERMER und BERSCHEID (1972) reicht die Skala in einer Untersuchung über die Selbsteinschätzung der "arousal" von -1o bis +1o. Andere Untersuchungen sind sehr differenziert und umfangreich. THAYER (1967) etwa untersucht die Selbstbewertung der "activation" anhand von 49 Adjektiven, zu denen jeweils vier Antwortmöglichkeiten bestehen, ein Verfahren, das für stündliche Befragungen zu umfangreich ist. Während bei unserer Befragungsmethode eine leere Skala eingefügt war zwischen die Adjektive, welche die extremen Möglichkeiten maximaler und minimaler Reaktionsbereitschaft charakterisieren, besteht eine andere Methode darin, jeder Note auf der Bewertungsskala ein beschreibendes Adjektiv zuzuordnen. Bei Vergleichen mit Untersuchungen in fremder Sprache zeigt sich eine weitere erhebliche Schwierigkeit. Die Übersetzung von Adjektiven aus dem psychologischen Bereich, die bestimmte Befindlichkeiten charakterisieren, scheint deswegen oft so problematisch, weil in der anderen Sprache keine Worte existieren, die genau den gleichen Wahrnehmungs- oder Erlebnisbereich abdecken.

Wir gingen daher in unserer Untersuchung eigene Wege, indem wir unsere auch von WENDT (1975) angewandte Methode wählten. Sie

scheint zu einer stündlichen spontanen Selbstbewertung am besten geeignet, da sie kein langes Abwägen verschiedener Begriffe gegeneinander erfordert.

Zur Messung der Handgriffkraft verwendeten wir einen zusammendrückbaren Stahlbügel. Der in Voruntersuchungen angestellte Vergleich mit einem Meßgerät, bei dem ein Gummiball zusammengepreßt werden mußte, lieferte recht unterschiedliche Ergebnisse. Beide Geräte lösten bei empfindlichen Versuchspersonen Schmerz aus. Zu einer genauen Untersuchung des Tagesgangs der Handgriffkraft müßte mithin erst ein geeigneteres Gerät entwickelt werden.

Der von uns verwendete Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG wurde von WENDT (1975) im Hinblick auf Methodik und Brauchbarkeit gründlich untersucht. Das Ergebnis dieser kritischen Untersuchung bestimmte uns, nur fünf Fragen auszuwerten. Da diese aber dem Originalfragebogen entnommen sind, lassen sie sich mit den Ergebnissen der Untersuchung von ÖSTBERG direkt vergleichen.

Während also einerseits Versuche unternommen wurden, Unterschiede der Phasenlage vegetativer Variablen durch Fragebogenmethoden zu erfassen - ÖQUIST (1970), ÖSTBERG (1972), PATKAI (1969, 1971, 1973), PETTERSSON (1975) - wird in der vorliegenden Arbeit der Versuch unternommen, Morgen- und Abendtypen mit Hilfe des Puls-Atem-Quotienten zu unterscheiden. Der Anstoß dazu kam von HILDEBRANDT. Er untersuchte (1962) das Verhalten des $Q\frac{P}{A}$ unter dem Einfluß von Kurbehandlungen und sagte: "Erhöhte Werte sind einer gesteigerten Labilität der Regulation zugeordnet, erniedrigte einer zu großen Stabilität (Starre).

Damit ergeben sich auch gewisse Zuordnungen der Quotientengröße zu Krakheitsgruppen und Reaktionstypen". Das heißt, die Art des Organismus, auf äußere Reize zu reagieren, wird zum Kriterium der Unterscheidung. In seiner Untersuchung über den Tagesgang des $Q\frac{P}{A}$ zeigt HILDEBRANDT (1961), daß sich während des Nachtschlafs (während der Stunden um 3 Uhr herum) für gesunde Personen ein ganzzahliges Verhältnis von 4:1 zwischen Puls- und Atemfrequenz einstellt, während dieses Verhältnis für die übrigen Stunden des Tages starken individuell deutlich unterschiedenen Schwankungen unterliegt. Besonders deutlich sind die individuellen Unterschiede in der Höhe des $Q\frac{P}{A}$ am Morgen als Ausdruck einer verschieden starken Reaktion auf die morgendliche Aktivierung (HILDEBRANDT 1961). Aus diesem Grunde wählten wir zur $Q\frac{P}{A}$ - Berechnung die Puls- und Atemfrequenzwerte der Zeit von 9 bis 11 Uhr und nahmen sie zur Grundlage unserer Differenzierung trophotroper und ergotroper Individuen.

2. Zu den Ergebnissen

Eingangs der Diskussion der Ergebnisse dieser Arbeit sei noch einmal nebeneinandergestellt, welche Daten nach Abschluß unserer Untersuchung zur Bearbeitung vorlagen.
Die Ergebnisse aus dem Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG gaben Aufschluß über die zeitliche Einordnung bestimmter Gewohnheiten in den Tagesablauf der einzelnen Probanden. Die Daten von Pulsfrequenz, Oraltemperatur, Zeitschätzung und Handkraft waren Grundlage für die Berechnung der Phasenlage vegetativer Parameter. Und aus den Aufzeichnungen über den Tagesgang der subjektiven aktuellen Reaktionsbereitschaft wurde die circadiane Phasenlage eines psychischen Parameters ermittelt. Das Verhältnis von Puls- und Atemfrequenz schließlich diente als Indikator der individuellen vegetativen Reaktionslage. Im folgenden sei der Zusammenhang dieser verschiedenen Ebenen diskutiert.

a) Korrelation zwischen objektiven Meßergebnissen und subjektiver Selbsteinschätzung

Als einer der ersten weist KLEITMANN (1939) auf die Existenz von Morgen- und Abendtypen hin. Er findet, daß es Menschen gibt, die ihre maximale Körpertemperatur und Leistungsfähigkeit am Morgen, und solche, die sie gegen Abend haben. Während KLEITMANN in seiner Typologie objektive Meßdaten, nämlich Körpertemperatur und Leistungsfähigkeit, in Beziehung setzt, beginnen spätere Untersucher, objektive Meßdaten und subjektive Selbsteinschätzung als Parameter periodischer Vorgänge miteinander zu vergleichen. Die für den subjektiven Bereich entwickelten Fragebogen verfolgen unterschiedliche Richtungen.

Zum einen besteht die Tendenz, psychologische Unterschiede zu erfragen. Hierzu ist die von EYSENCK (1967) entwickelte "introversion - extraversion scale" zu zählen. COLQUHOUN (1962), COLQUHOUN & CORCORAN (1964) sowie BLAKE (1967, 1971) fanden, daß "introverts" einen morgendlichen Gipfel von Oraltemperatur und Leistungsfähigkeit haben, daß also beide am Morgen gut korrelieren, während sich für den Nachmittag eine negative Korrelation ergab. Umgekehrt waren die Verhältnisse für die "extraverts". Die gleichen Ergebnisse zeigten sich auch für den Zusammenhang von Oraltemperatur und Fragebogenindex.

Die andere Befragungstendenz geht dahin, gewohnheitsmäßige tagesrhythmische Eigenarten zu erfahren. PATKAI (1969, 1971) klassifizierte ihre Versuchspersonen aufgrund von Fragebögen als gewohnheitsmäßige " Morgen-" oder "Abendarbeiter". Sie fand, daß Morgenarbeiter morgens die höchste Adrenalinausscheidung, "alertness" und "concentration ability" hatten. ÖQUIST (197o) untersuchte mit einem Fragebogen die Morgen- und Abendaktivitäten einer Studentengruppe und zweier Gruppen von Arbeitern mit etwas unterschiedlichen Arbeitszeiten. Die Ergebnisse waren für alle drei Gruppen recht ähnlich: die Morgentypen gingen früher zu Bett und hatten beim Zubettgehen eine niedrigere Körpertemperatur als beim Aufstehen. Genau umgekehrt lagen die Verhältnisse für die Abendtypen. ÖSTBERG (1972) untersuchte mit einem anderen Fragebogen Computer - Bedienungspersonal im Schichtdienst und differenzierte es nach der bevorzugten zeitlichen Lage von Gewohnheiten und Aktivitäten. Die Untersuchung hatte die gleichen Ergebnisse

wie die von ÖQUIST und zeigte außerdem, daß die Abendtypen während der Schicht eine höhere Oraltemperatur und Leistungsfähigkeit hatten als die Morgentypen. PETTERSSON (1975) versuchte ebenfalls mit einem Fragebogen Morgen- und Abendtypen zu differenzieren. Sie fand unter Nachtschichtarbeitern vorwiegend Abendtypen und wertete dies als Selbstselektion. Unter den Frühschichtarbeitern fand sie gleichermaßen Morgen- und Abendtypen.

Bei Betrachtung unserer eigenen Ergebnisse stellt sich die Frage, inwieweit sie mit den Kategorien der mehr psychologisch ausgerichteten Fragebögen, die zuerst beschrieben wurden, vergleichbar sind. Eine Antwort hierzu liefert eine Untersuchung von ÖSTBERG. Er legte seinen Versuchspersonen sowohl den Eysenck-Personality-Inventory-Test (EPI) vor, als auch seinen eigenen tagesrhythmischen Fragebogen. Er fand keine statistisch signifikante Beziehung zwischen den Dimensionen "Morgen-, Abendtyp" einerseits und "introverts, extraverts" andererseits.
In Bezug auf die Oraltemperatur als objektivem Parameter erwies sich die Auftrennung der Gruppen nach der Dimension "Morgen-, Abendtyp" als wesentlich deutlicher, die Gruppenstreuungen waren geringer.
Nach einer Analyse von WENDT (1975) (er ist derzeit Gastprofessor an der Universität Marburg) ergab sich in einer autorhythmometrischen Untersuchung, daß fünf Items des Fragebogens von HORNE und ÖSTBERG die besten Korrelationen mit den Meßdaten aufwiesen. WENDT folgert daraus, daß diese fünf Items die Brauchbarkeit des Fragebogens ausmachen.

ISHAG GEORGE (1973) untersucht die Bedeutung anamnestischer Fragen für die Bestimmung von vegetativen Reaktionstypen und zeigt, daß diejenigen Fragen, welche das tagesrhythmische Verhalten betreffen (Früh- oder Spätarbeiter, Mittagsschlafgewohnheiten, Regelmäßigkeit) im Mittel die engsten Beziehungen zu den vegetativen Meßgrößen hatten. Dies deckt sich mit dem Ergebnis der Arbeit von WENDT. Auch er untersuchte sowohl Männer als auch Frauen und berechnete die Korrelationen zwischen zwischen Items und vegetativen Parametern für beide Geschlechter getrennt. WENDT kam dabei zu dem gleichen Ergebnis wie wir, daß nämlich zum Teil erhebliche Geschlechtsunterschiede in der Höhe der Korrelationen bestehen.

Es bleibt die Frage, warum von den fünf ausgewählten Fragen zwei, nämlich die nach dem Zeitpunkt des spontanen morgendlichen Aufstehens und die nach der Selbsteinschätzung als Morgen- oder Abendtyp, durchweg die höchsten Korrelationen zu den vegetativen Daten aufwiesen. Dies dürfte daran liegen, daß der Zeitpunkt des Erwachens mehr vom Körper (unbewußt) bestimmt wird, während vergleichsweise der Zeitpunkt des Schlafengehens von äußeren Faktoren wie Vergnügungen, Vorhaben, Freizeitbeschäftigungen, mithin also bewußt bestimmt wird und daher keine so enge Beziehung zu körperlich-unbewußten Vorgängen hat. Während die Fragen nach der Mühe beim Aufstehen und der Häufigkeit des Verschlafens mehr psychisch determiniert sind - Flucht vor dem Alltag, unerwünschte Lebenssituation - umgeht die Frage nach Morgen- oder Abendtyp die individuelle psychische Situation des einzelnen und spricht einen allen Versuchspersonen gemeinsam erfahrbaren Bereich an, in dem die körperlichen Vorgänge

und die zeitliche Lage des Erlebnisschwerpunktes am Tage zusammenhängen.

Es ist wohl die generelle Vermutung naheliegend, daß diejenigen Gewohnheiten, die am direktesten von unbewußten körperlichen Vorgängen bestimmt werden, auch die höchsten Korrelationen zu diesen haben werden, während Gewohnheiten, die mehr dem bewußten Wollen unterliegen, variabler und daher schwächer in ihren Korrelationen sein werden.

Nach den Mitteilungen von ÖSTBERG (1975) scheint ein Vergleich unserer Ergebnisse mit denen psychologisch ausgerichteter Untersuchungen nur sehr bedingt möglich. Stellen wir unsere Befunde aber in den anfänglich gesetzten Rahmen, können wir folgendes aussagen:

Was ÖSTBERG (1975) an Schichtarbeitern im Arbeitsprozess und was WENDT und JOVONOVICH (1975) bei autorhythmometrischen Untersuchungen fanden, gilt auch für unsere Versuchsanordnung unter den Bedingungen der Inaktivierung und gleichmäßigen Nahrungsaufnahme, nämlich daß die Befragungsergebnisse und die Minima bzw. Maxima der Oraltemperatur in einem statistisch signifikanten Zusammenhang stehen. Das heißt, daß dieser Bezug nicht durch die äußeren Bedingungen - Schichtarbeit, Selbstaktivierung durch autorhythmometrische Messungen - hervorgebracht wird. Damit bietet sich die Methode eines rhythmologisch ausgerichteten Fragebogens als Instrument zur Vorhersage und Vermeidung von für den einzelnen unverträglichen Arbeitsbedingungen an.

Interessant ist weiterhin, daß unter unseren Bedingungen auch Fragebogenergebnisse und Zeitschätzverhalten korrelierten.

BLAKE (1971) konnte bei seiner Unterteilung in "introverts" und "extraverts" einen solchen Zusammenhang nicht finden. Außerdem korreliert der Zeitpunkt der maximal gedehnten Zeitschätzung auch gut mit der zeitlichen Lage des Temperaturminimums. Eine Deutung dieser Befunde scheint ausgesprochen schwierig. PÖPPEL (1971) und PFAFF (1968) bestätigen den Zusammenhang von Körpertemperatur und Zeitschätzung im Sinne eines phasengleichen Verhaltens, jedoch bezweifelt PÖPPEL, ob beide ursächlich zusammenhängen, da eine durchwachte Nacht die Oraltemperatur kaum, das Zeitschätzverhalten aber sehr stark beeinflußt. Dabei bestehen jedoch in den Untersuchungen Unterschiede in der Methodik der Zeitschätzung, die Vergleiche erschweren.

Mir scheint folgende Deutung unserer Befunde angebracht:
Das Maximum der Zeitschätzung und das Minimum der Oraltemperatur korrelieren gut. Beide liegen während der Nacht. Zeitschätzungsminimum und Temperaturmaximum jedoch, beide am Tage gelegen, korrelieren nicht miteinander. Das deswegen, weil in der Nacht mit ihrer geringeren Zahl von äußeren Sinnesreizen und der geringeren Bewußtseinshelligkeit des einzelnen das Zeitschätzverhalten mehr von innen heraus durch die unbewußten körperlichen Vorgänge beeinflußt wird, während am Tage die äußeren Reize das Zeitschätzverhalten stärker bestimmen und vom Zusammenhang mit den unbewußten Körperfunktionen trennen. So gesehen erscheint es auch verständlich, daß das Zeitschätzungsmaximum wiederum mit jenen zwei Fragen gute Korrelationen aufweist, die, wie oben beschrieben, am stärksten von den vegetativen Körperfunktionen beeinflußt werden.

b) Korrelation zwischen objektiven Meßergebnissen und subjektiver Selbsteinschätzung des aktuellen Befindens

Psychologie und Physiologie treffen sich bei der Frage, inwieweit vegetative Vorgänge im Körper und Befinden zusammenhängen. Dieser Frage wurde in zahlreichen Untersuchungen dadurch nachgegangen, daß für verschiedene Befindensqualitäten wie Wachheit, Müdigkeit, Erschöpfung und so weiter Meßverfahren entwickelt wurden, die einen näheren Aufschluß geben sollten. Die psychologischen und physiologischen Meßergebnisse konnten in Beziehung gesetzt werden.

NOWLIS (1961) war einer der ersten, der den Grad der "activation" durch Selbsteinschätzung der Versuchspersonen zu erfassen suchte. THAYER (1967) griff diese Methode auf und entwickelte eine "Activation-Deactivation Adjective Check List" (AD-ACL), bestehend aus 49 Fragen. Er korrelierte deren Ergebnisse mit denen von Herzfrequenz- und Hautwiderstandsmessungen. Er fand, daß der AD-ACL-Index mit den vegetativen Variablen besser korrelierte als diese untereinander. Daraus schloß er, daß die Selbsteinschätzung der "arousal" möglicherweise mehr über die generelle Aktiviertheit aussagt als irgendein einzelner physiologischer Indikator.

In unserer Untersuchung zeigt der Zeitpunkt der minimalen selbsteingeschätzten Reaktionsbereitschaft im Vergleich keine engeren Beziehungen zu den vegetativen Variablen als diese untereinander. Der von THAYER beschriebene Zusammenhang von Pulsfrequenz und Selbsteinschätzung trat bei uns nicht zutage. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die Versuchspersonen

von THAYER nicht immobilisiert waren und er außerdem eine andere Fragenmethodik anwandte. Der von uns gefundene Zusammenhang selbsteingeschätzter Reaktionsbereitschaft und Oraltemperatur läßt sich am ehesten mit einer Untersuchung von DERMER & BERSCHEID (1972) vergleichen. Sie zeigten, daß die Akrophasen von selbsteingeschätzter "arousal" und Oraltemperatur recht gut übereinstimmten. Es ergibt sich außerdem eine Übereinstimmung mit einer Untersuchung von HALBERG (1969), der "vigor ratings" machen ließ. Die Akrophase eines Abschnittes aus seinem 25 Tage währenden Experiment stimmt genau mit der von DERMER & BERSCHEID errechneten Akrophase der "arousal" überein.

Wie schwierig ein Vergleich unserer Untersuchung mit anderen, die ebenfalls das Verfahren der Selbsteinschätzung anwenden, ist, mag das Folgende zeigen.

THAYER (1967, 1970), FORT & MILLS (1972) benutzen die AD-ACL mit 49 Fragen, GÜNTHER,KNAPP, HALBERG (1969) machen "vigor ratings" mit einer 7-Punkte-Skala, ASCHOFF (1972) untersucht die "alertness" mit einer 7-Punkte-Skala, MURRAY (1958) "fatigue", 4-Punkte-Skala, DERMER & BERSCHEID (1972) "arousal", 20-Punkte-Skala.

Es kann mithin festgestellt werden, daß unsere Befunde mit den zitierten sinngemäß übereinstimmen und sich der Zusammenhang von Oraltemperatur und Selbsteinschätzung auch unter unseren speziellen Untersuchungsbedingungen zeigt. Eine Aussage über die Ursache dieses Zusammenhanges ist damit aber keineswegs gemacht.

c) Beziehungen zwischen circadianer Phasenlage und vegetativer Reaktionslage

Der Begriff circadiane Phasenlage bezieht sich auf die zeitliche Lage der Maxima bzw. Minima gemessener Parameter innerhalb eines Zeitabschnittes von etwa 24 Stunden Dauer. Da die zeitlichen Schwankungen vieler Parameter bei graphischer Darstellung in grober Annäherung das Bild einer sinusförmigen Schwingung ergeben, wird in Bezug auf die zeitliche Distanz zwischen zwei Maxima oder Minima von Phasenwinkeldifferenz gesprochen.
Zur Erklärung der Phasenwinkeldifferenz zwischen morgen- und abendtypischen Kurvenverläufen sind zwei unterschiedliche Ansatzpunkte in der Diskussion.
HOFFMANN (1963) und besonders ASCHOFF (1965, 1967) untersuchten in zahlreichen Experimenten an Mensch und Tier, welchen Einfluß der Ausschluß äußerer Zeitgeber auf die Periodik verschiedener Meßgrößen hatte. Dabei zeigte sich, daß auch unter freilaufenden Bedingungen ein etwa 24-stündiger (= circadianer) Aktivitätszyklus aufrechterhalten wird. Abendtypen jedoch neigen dazu, diesen Zeitraum geringfügig zu verlängern, Morgentypen tendieren eher zu einer Verkürzung. Daraus wird geschlossen, daß die Unterschiede in der Spontanfrequenz des circadianen Systems die Phasenwinkeldifferenz bei Morgen- und Abendtypen verursachen.

HILDEBRANDT (1967) berichtet über eine Studie, in der die Dauer des Aktivitätszyklus über 19 Tage gemessen und mit dem Durchschnitt des kontinuierlich aufgezeichneten Q $\frac{P}{A}$ verglichen wurde. Dabei ergibt sich eine eindeutige negative Korrelation: Eine Verminderung des Q $\frac{P}{A}$ geht einher mit einer Verlängerung

des spontanen circadianen Aktivitätszyklus und umgekehrt. Das heißt, es besteht ein Zusammenhang zwischen dem $Q\frac{P}{A}$ als Indikator der individuellen vegetativen Reaktionslage und der spontanen individuellen Periodendauer. Andere Untersuchungen (HILDEBRANDT 1976) zeigen, daß die Fähigkeit des Organismus, auf äußere Reize zu reagieren, ebenfalls einen Tagesrhythmus erkennen läßt. Diese Ergebnisse führen zu der Auffassung, daß nicht die Unterschiede in der Dauer der Spontanfrequenz sondern die individuell unterschiedliche Reagibilität die zeitlichen Verschiebungen in der Phasenlage von Morgen- und Abendtypen erklärt.

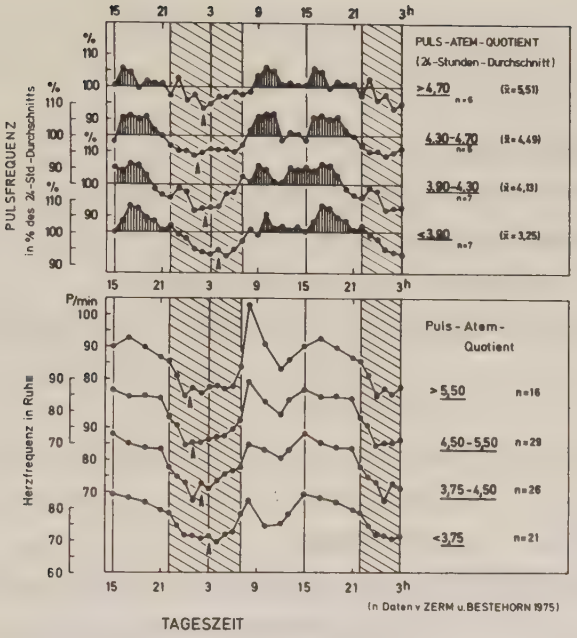
Diese Annahme wird weiter gestützt durch Befunde von HILDEBRANDT (1976) sowie ZERM & BESTEHORN (1975). Sie untersuchten den Einfluß des $Q\frac{P}{A}$ als Indikator der individuellen vegetativen Reaktionslage des Menschen auf die tagesryhthmische Phasenlage der Pulsfrequenz. Sie zeichneten zum einen die mittleren Tagesgänge der Ruhepulsfrequenz auf von gesunden Erwachsenen, die bei gleichmäßig verteilter Kost Bettruhe einhielten, zum andern den mittleren Tagesgang der Pulsfrequenz bei Schülern eines Internats unter normalen Lebensbedingungen. Das Gesamtkollektiv wurde jeweils in vier Gruppen nach der Höhe des $Q\frac{P}{A}$ aufgeteilt. Aus beiden Untersuchungen ergab sich, daß für die Gruppen mit hohem $Q\frac{P}{A}$ (ergotroper Reaktionslage) das Pulsfrequenzminimum in der Nacht früher lag und die morgendliche Aktivierungsreaktion bereits am Vormittag zum Maximum der Pulsfrequenz führte. Bei den Gruppen mit niedrigem $Q\frac{P}{A}$ lag das Minimum später, und die Aktivierung am Morgen führte im Laufe einer aufschwingenden Reaktion erst am Nachmittag zum Pulsfrequenz-

maximum. Unser Untersuchungsmaterial über den mittleren Tagesgang der Ruhepulsfrequenz wurde ganz entsprechend in drei Q $\frac{P}{A}$ - Gruppen eingeteilt. Es erbringt im Hinblick auf das nächtliche Minimum eine Bestätigung der zitierten Ergebnisse. In Bezug auf das Maximum ist jedoch ein deutlicher Unterschied feststellbar. Wohl ist das Maximum der ergotropen Gruppe auch hier zeitlich vor dem der trophotropen gelegen, es bildet sich aber nicht wie in den genannten Untersuchungen am Vormittag, sondern am Nachmittag aus. Einen Hinweis auf die Ursache dieses Unterschieds enthält eine Untersuchung von FLOTHO (1969). In einer getrennten Darstellung der mittleren Tagesgänge der 1-Stunden-Pulssumme für laufende, sitzende und liegende Probanden zeigt sich, daß die Höhe des morgendlichen Pulsmaximums vom Grad der Aktivität abhängig ist. Ähnliches läßt sich auch beim Vergleich der Befunde von HILDEBRANDT sowie ZERM & BESTEHORN ablesen: die Unterschiede der morgendlichen Pulsfrequenzmaxima von trophotroper und ergotroper Teilgruppe sind unter den Bedingungen normaler Lebensweise bei Internatsschülern wesentlich deutlicher als bei den immoblisierten Probanden. Der Grund dafür, daß in unserer Untersuchung auch die ergotrope Gruppe ihr Pulsfrequenzmaximum erstam Nachmittag erreicht, ist somit darin zu suchen, daß die Ruhebedingungen im Vergeich zur Untersuchung von HILDEBRANDT (1976) bei uns noch konsequenter eingehalten wurden und dadurch der morgendliche Aktivitätsanstoß noch geringer war. Ganz im Sinne der obigen Ergebnisse ist es dennoch, daß für die ergotrope Gruppe ein morgendliches Kurvenplateau weit über dem Niveau des Amplitudengleichwertes zu finden ist, während dies für die trophotrope Gruppe darunter liegt.

In Abbildung 14 sind die Untersuchungen noch einmal nebeneinandergestellt, und es zeigt sich, daß die Stärke des morgendlichen Aktivierungsanstoßes maßgeblich dafür ist, mit welcher Deutlichkeit sich die verschiedenen Reaktionstypen im Hinblick auf ihr Pulsfrequenzverhalten unterscheiden lassen. Andererseits - und das ist im Rahmen dieser Untersuchung besonders wichtig - ist der $Q\frac{P}{A}$ sowohl unter Ruhe- als auch unter Aktivitätsbedingungen geeignet, Unterschiede im Tagesgang der Pulsfrequenz trophotroper und ergotroper Individuen kenntlich zu machen.

Noch eine weitere Besonderheit dürfte dazu geführt haben, daß die Unterschiede im Pulsfrequenzverhalten der verschiedenen vegetativen Reaktionstypen bei unserer Untersuchung geringer ausgeprägt waren. HILDEBRANDT(1960, 1962) sagt, daß "es sich bei den häufigen Submultiplen der 24-Stunden-Rhythmik um reaktive Perioden handelt, die beim Gesunden gedämpft verlaufen und im Wesentlichen durch die morgendlichen Reaktionen auf Erwachen, Lichteinfall usw. ausgelöst werden". Das stündliche Wecken unserer Probanden müßte demnach eine Salve von Aktivierungsreaktionen ausgelöst haben, die sich überlagern und eine Glättung des mittleren Tagesgangs der Pulsfrequenz, wie bei uns zu beobachten, erklärlich machen würden.

Nun zur Phasenlage der Selbsteinschätzung. FISKE & MADDI (1961) fanden, daß der Grad der selbsteingeschätzten "arousal" einem 24-Stunden-Rhythmus unterliegt mit einem Minimum bei 5 Uhr, Hauptmaximum bei 19.40 Uhr und Nebenmaximum bei 13.20Uhr. ASCHOFF (1972) untersuchte die Selbsteinschätzung der "alertness" und fand im Mittel ebenfalls einen 24-Stunden-Rhythmus mit



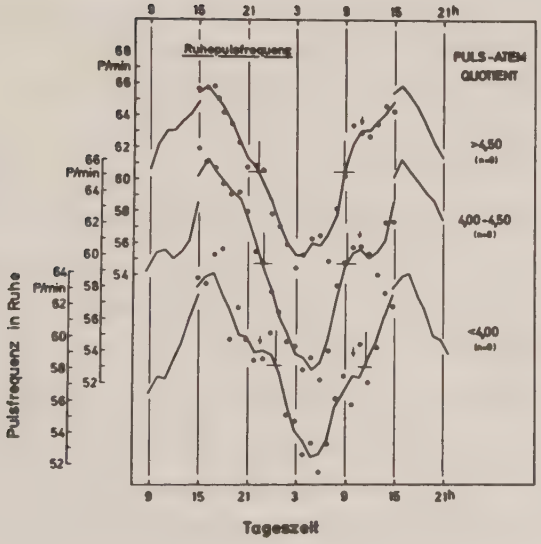


Abb. 14: Legende siehe nächste Seite.

Legende zu Abb. 14:

Vergleichende Darstellung dreier Untersuchungen zum mittleren Tagesgang der Pulsfrequenz bei Gruppen, die nach der Höhe des Puls-Atem-Quotienten unterschieden sind.

Obere Abbildung: Daten von HILDEBRANDT (1976), gesunde Erwachsene bei gleichmäßig verteilter Kost und Bettruhe.

Mittlere Abbildung: Daten von ZERM & BESTEHORN (1975), Internatsschüler unter normalen Lebensbedingungen.

Untere Abbildung: eigene Untersuchung, strikte Ruhebedingungen bei gleichmäßig verteilter Standardkost.

Minimum bei 5 Uhr und Maximum am Nachmittag, wobei die Probanden nach festem Zeitplan (Schlaf 23.3o - 7.3o Uhr) lebten. Abgesehen von der Schwierigkeit der definitorischen Unterscheidung der Begriffe "arousal", "alertness" und "Reaktionsbereitschaft" ergab sich in unserem Falle ein ganz ähnliches Resultat:
Die mittlere selbsteingeschätzte Reaktionsbereitschaft zeigt einen 24-Stunden-Rhythmus mit Minimum bei 4 Uhr. Über die zeitliche Lage des Maximums läßt sich aufgrund unserer Untersuchungen keine eindeutige Aussage machen, da sich das gesamte Kollektiv im Mittel gegen Ende des Versuchs am höchsten bewertete. Dies könnte zum einen bedingt sein durch die Vorstellung, daß Immobilisierung, Isolation und Standardkost beendet sein werden und daß die Reaktionsbereitschaft wieder gebraucht wird. Zum anderen hat der Proband bei Versuchsbeginn noch keine Erfahrungen mit dem oberen und unteren Bereich seiner Selbsteinschätzung, während die subjektive Selbsteinschätzung gegen Ende des Versuchs die Erfahrung geringer Reaktionsbereitschaft während der Nacht einschließt und von daher zu höheren Vergleichswerten gegen Versuchsende führen könnte.
Während die oben zitierten Untersuchungen lediglich einen 24-Stunden-Rhythmus konstatieren, ist das Bemerkenswerte und Neue unserer Ergebnisse darin zu finden, daß die Gruppierung des Kollektivs nach der Höhe des $Q \frac{P}{A}$ auch hier deutliche Unterschiede in der Phasenlage der Selbsteinschätzung ergibt. Das heißt nämlich, es besteht ein Zusammenhang von vegetativer Reaktionslage und Selbsteinschätzung aktuellen Befindens. Ein solcher Zusammenhang ist in dieser Unmittelbarkeit bisher nicht beschrieben. Dennoch ist anzunehmen, daß dieser Zusammenhang

nur unter unseren speziellen Versuchsbedingungen auftritt. Im Hinblick auf das Maximum zeigt sich ja bereits, wie die Phasenunterschiede durch äußere Einflüsse verwischt werden. Die Deutung dessen wurde schon bei den Korrelationsberechnungen versucht: Während der Nacht wird die Selbsteinschätzung wegen des Fehlens äußerer Beeinflussungsfaktoren mehr von der vegetativen Situation bestimmt, während am Tage die äußere Situation stärker für die Selbsteinschätzung bestimmend wird. Um diese Vermutung zu erhärten, müßten jedoch längerdauernde Versuche unter wechselnden Außenbedingungen unternommen werden.

ASCHOFF (1972) untersucht den Tagesgang der Handkraft. Bei ungestörtem Schlaf sowie zweimaliger Schlafunterbrechung während der Nacht liegen die Minima nachts, während die Werte am Tage um ein höher gelegenes Plateau fluktuieren. Wird der Schlaf jedoch während einer Nacht unterdrückt, bleiben die Werte auch während der Nacht hoch.
RIECK (1975) untersucht den mittleren Tagegang der Unterarmbeugekraft in 2-stündlichen Messungen. Er findet einen positiven Trend, mit dem die Maximalkraft im Laufe von 24 Stunden um etwa 11,5 % ansteigt, was er als Trainingseffekt bewertet. Bei unserer Untersuchung der maximalen Handgriffkraft ist ein derartiger Trend nicht zu finden, die 15-Uhr-Werte zu Beginn und Ende des Versuches sind kaum unterschieden. Unsere stündliche Schlafunterbrechung wirkt ebenso wie die zweimalige Schlafunterbrechung bei den Versuchen von ASCHOFF nicht in der Weise, daß keine nächtlichen Minima erreicht werden. Das

Minimum ergibt sich für 6 Uhr, das Maximum liegt innerhalb eines Plateaus (15 - 22 Uhr) bei 2o Uhr. Während die Untersuchung von ASCHOFF bei zweimaliger Schlafunterbrechung keine genauere Bestimmung der zeitlichen Lage des nächtlichen Minimums zuläßt, zeigt die Arbeit von RIECK nach Bereinigung des Trends ein Minimum bei 5 Uhr und ein Maximum bei 23 Uhr. Die Untersuchung von RIECK und unsere stimmen also im Hinblick auf die zeitliche Lage des Minimums und Maximums im Tagesgang recht gut überein. Möglicherweise wäre die Übereinstimmung noch größer, wenn in seiner Untersuchung nicht 2-stündlich, sondern wie in unserem Falle stündlich gemessen worden wäre. RIECK wendet nun die mittlere 24-Stunden-Ruhepulsfrequenz als Indikator der indviduellen vegetativen Reaktionslage an und findet eine statistisch gut gesicherte negative Korrelation zum Grad der individuellen Steigerung der Maximalkraft. Bei Anwendung des $Q \frac{P}{A}$ als Indikator der vegetativen Reaktionslage im Falle unserer Untersuchung ließ sich für die drei Gruppen kein entsprechender Trend von den Anfangs- zu den Endwerten feststellen. Auch eine Differenzierung von Gruppen mit unterschiedlicher Phasenlage im Tagesgang der mittleren Handgriffkraft ergab sich nicht. Der Grund dafür, daß sich in Bezug auf die Handgriffkraft keine Zusammenhänge zur vegetativen Reaktionslage feststellen lassen, ist, wie in der Diskussion der Methodik bereits formuliert, vermutlich in der Unzulänglichkeit der Meßmethode zu suchen. Was die gröberen Zusammenhänge angeht, stehen aber unsere Befunde durchaus in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von ASCHOFF und RIECK.

Indem wir die Zeitschätzung untersuchten, begaben wir uns auf ein Feld, das von Psychologen und Physiologen gleichermaßen

erforscht wird. KNAPP (1972) stellte fest, daß Personen mit hoher Erfolgsmotivation dazu tendieren, ein vorgegebenes Zeitintervall (hier 2o Sekunden) verkürzt zu reproduzieren, während umgekehrt Probanden mit geringer Erfolgsmotivation dazu neigen, es verlängert zu reproduzieren. Er belegt diesen Zusammenhang von motivationalen Komponenten und subjektiver Zeitauffassung durch verschiedene Versuchsanordnungen. Seiner Untersuchung fehlt jedoch der rhythmologische Aspekt. Andere Untersucher wie PÖPPEL (1972), BADDELEY (1966), PFAFF (1967) sehen den Zusammenhang vegetativer Rhythmen, besonders der Körpertemperatur mit der Zeitschätzung. Dieser zeigt sich ja auch in unserer Untersuchung: Im Geamtkollektiv zeigt der mittlere Tagesgang während der Nacht eine Tendenz zur Zeitdehnung, am Tage zur Zeitraffung. Jedoch warnt PÖPPEL (1972) davor, direkte Zusammenhänge von Körpertemperatur und Zeitschätzung zu konstatieren. Unser Versuch, einen Zusammenhang von vegetativer Reaktionslage (anhand des Q $\frac{P}{A}$) und Phasenlage der Zeitschätzung nachzuweisen, schlug, wie die Ergebnisse zeigen, fehl.

ASCHOFF (1972) findet, daß in der Zeitschätzung starke intraindividuelle Schwankungen auftreten können. Dies zeigt sich auch in unseren Versuchen. In Zusammenschau mit den Befunden der zitierten Autoren läßt sich vermuten, daß das Zeitschätzverhalten in seiner Periodik grundsätzlich im Zusammenhang mit vegetativen Grundgrößen wie der Temperatur steht, darüberhinaus aber durch psychische Faktoren und äußere Reize modifizierbar ist. In unserem Falle ließ sich aber nicht nachweisen, daß die Modifizierbarkeit typenspezifisch ist.

Ein bei KNAPP (1972) beschriebenes Verfahren zur Untersuchung der Zeitauffassung scheint mir weitaus besser geeignet, die Circadianrhythmik der Zeitauffassung zu untersuchen, weil sich hierbei der Proband über Rückkopplung mit einem äußeren Rhythmus in Gleichklang bringt und dabei weniger unter dem Druck steht, einen Zeitabschnit richtig zu schätzen. Das Verfahren besteht darin, daß der Proband ein Metronom einmal von der höchsten, dann von der geringsten Taktzahl ausgehend auf die Frequenz einreguliert, die ihm subjektiv am angenehmsten ist.

Eingangs der Diskussion der Ergebnisse ist bewußt ein Bereich ausgeklammert worden, der größerer Klarheit wegen hier am Ende der Diskussion im Zusammenhang dargestellt werden soll. Wie im Vorangegangenen dargestellt, ist eine Beziehung von vegetativer Reaktionslage (anhand der Höhe des mittleren $Q\frac{P}{A}$ der Zeit von 9 - 11 Uhr) und der Phasenlage des mittleren Tagesgangs von Oraltemperatur, Pulsfrequenz und selbsteingeschätzter Reaktionsbereitschaft festzustellen. Außerdem korreliert die Höhe des $Q\frac{P}{A}$ auch individuell sehr gut mit dem Zeitpunkt des Oraltemperaturmaximums. Beides zeigt den Zusammenhang von circadianer Phasenlage und vegetativer Reaktionslage auf oder legt anders gesprochen die Vermutung nahe, daß eine Beziehung zwischen den Begriffspaaren Morgen-, Abendtyp und Tropho-, Ergotropie besteht.
Als ebenso brauchbare Differenzierungsmethode erweist sich andererseits auch die angewandte Fragebogenmethodik durch die guten Korrelationen der Items mit der zeitlichen Lage von Oraltemperaturminimum, -maximum und Zeitschätzungsmaximum.
Die Frage stellt sich, warum die Ergebnisse beider Differen -

zierungsmethoden, so brauchbar jede auf ihre Weise erscheint, nicht besser miteinander korrelieren.

Grundsätzlich gibt es in einem jeden von uns zwei Elemente. Das eine ist das der Stetigkeit. Es ist Voraussetzung dafür, daß wir losgelöst von der Außenwelt als individuelle Einheit existieren können. Das andere ist das Element der Veränderlichkeit, das es uns möglich macht, uns an Veränderungen der Außenwelt anzupassen, um durch sie nicht vernichtet zu werden. Stetigkeit ist eine Voraussetzung für Veränderlichkeit, weil sich nur anpassen kann, was einen Teil seiner Eigen- oder Andersartigkeit bewahrt, und Anpassungsfähigkeit ist Voraussetzung für die Stetigkeit, weil nur bestehen kann, was mit dem Wandel vereinbar ist.

Dabei überwiegt am Tage das Element äußerer Veränderungen, denen wir uns anzupassen haben, während in der Nacht mit der Verminderung der Beeinflußbarkeit im Schlaf und mit der zeitlichen und rhythmischen Koordination vegetativer Variablen um 3 Uhr herum als Voraussetzung zur Restitution das Element der Stetigkeit überwiegt.

Indem sich die Items des Fragebogens auf wiederkehrende Vorgänge oder Gewohnheiten beziehen, enthalten die Antworten das Element der Stetigkeit. Indem der $Q\frac{P}{A}$ aus den Werten der Zeit von 9 - 11 Uhr berechnet wird, bezieht er sich auf das Element der Veränderlichkeit, denn in keinem anderen Tagesabschnitt ist er einem ähnlich großen individuell unterschiedlichen Anstieg unterworfen. Tatsächlich korrelieren nun auch $Q\frac{P}{A}$ und zeitliche Lage des individuellen Oraltemperaturmaximums miteinander, und andererseits korrelieren die Items besser

mit dem Temperaturminimum als mit dem -maximum.
Wenn auf individueller Ebene der Zusammenhang von Phasenlage und vegetativer Reaktionslage untersucht wird, entsteht ja die Frage, ob das Minimum oder das Maximum der bessere Indikator der Phasenlage ist. Spätes Maximum und frühes Minimum einer Variablen sind nicht selten und lassen diese Frage entstehen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung legen mir die These nahe, daß die Scheitelpunkte ein und derselben Variablen, wenn sie am Tage liegen, mehr im Zusammenhang mit Indikatoren der Anpassungsfähigkeit (hier $Q\,\frac{P}{A}$) stehen, und wenn sie in der Nacht liegen, mehr im Zusammenhang mit Indikatoren der Stetigkeit (hier Items) stehen. Dies wird auch dadurch unterstützt, daß in der Häufigkeitsverteilung der Maxima und Minima von Oraltemperatur und Pulsfrequenz die Tagesmaxima über einen breiteren Bereich gestreut sind als die nächtlichen Minima, d.h. es besteht größere Variabilität am Tage als in der Nacht.

Beide Methoden der Typendifferenzierung sind also nicht gänzlich deckungsgleich, und es wäre zu untersuchen, ob der $Q\,\frac{P}{A}$ als Indikator der vegetativen Reaktionslage nicht bessere Aussagen über die Anpassungsfähigkeit im Hinblick auf arbeitsmedizinische Probleme zuläßt als die Fragebogenmethode.

d) Schlußfolgerungen und Ausblick

Nach Überschauen der in dieser Arbeit aufgeworfenen Fragen läßt sich folgendes feststellen: Der von anderen Untersuchern beschriebene Zusammenhang zwischen vegetativen Parametern der circadianen Phasenlage und der durch Fragebogen erhobenen subjektiven Selbsteinschätzung der Phasenlage zeigte auch unter unseren besonderen Bedingungen weitestgehender Inaktivierung der Probanden seine Gültigkeit. Damit klärt sich die Frage, ob nicht erst die äußeren Aktivitätsbedingungen die individuellen Unterschiede in der subjektiven und objektiven circadianen Phasenlage verursachen. Während dadurch einerseits gezeigt ist, daß die Selbsteinschätzung ein brauchbares Kriterium der Typendifferenzierung ist, zeigt sich andererseits, daß die Fragemethodik weiterer Überarbeitung bedarf, da sich nur wenige Items des Fragebogens als tragfähig erwiesen.
Die andere Frage, ob circadiane Phasenlage und vegetative Reaktionslage in einem Zusammenhang stehen, hat sich ebenfalls positiv beantwortet. Der Schluß wäre naheliegend gewesen, daß beide Differenzierungsmethoden - zum einen nach der Höhe des Puls-Atem-Quotienten, zum anderen nach dem Fragebogen - gut miteinander in Korrelation stehen müßten, da sie jede für sich bei Anwendung auf die Kriterien der circadianen Phasenlage gute Ergebnisse lieferten. Dies bestätigte sich jedoch nicht, und es wurde versucht zu deuten, warum dies so ist. Da abgesehen vom wissenschaftlichen Interesse der Sinn beider Differenzierungsmethoden für die Praxis darin liegt, ein Instrument zur Prävention gesundheitlicher Schäden, bedingt durch die Unverträglichkeit bestimmter Arbeitsbedingungen, zu schaffen, wäre

es sinnvoll, in einer größer angelegten Vergleichsuntersuchung zu klären, welche der beiden Methoden die tauglichere ist, oder ob etwa eine Kombination beider die besten Ergebnisse liefert. Die zur $Q \frac{P}{A}$ -Bestimmung notwendige Apparatur sowie die Berechnung des Quotienten erfordern einen relativ geringen Aufwand, was Voraussetzung einer Anwendung in breiterem Maßstab ist. In unserer Untersuchung wurde eine Meßzeit von 3 Stunden zugrunde gelegt. Es wäre zu prüfen, ob nicht auch eine kürzere Zeitspanne ausreichen würde.

Im übrigen bleibt eine wichtige Frage offen: Wenn wir einen Zusammenhang von subjektiver Selbsteinschätzung und objektiver Phasenlage sowie vegetativer Reaktionslage feststellen, schließt sich daran in der Regel die Assoziation an, die körperlichen Vorgänge beeinflußten die Selbstwahrnehmung. Rein gedanklich ist aber der umgekehrte Schluß ebenso möglich: daß unser Selbstverständnis, die Spannbreite der Vorstellungen, die wir über uns selbst bilden können, vom Körper über das Funktionssystem der unbewußten und teilbewußten vegetativen Vorgänge vollzogen wird. Rhythmisch ablaufende Funktionen, wie sie im lebendigen Körper zu finden sind, böten dafür jedenfalls eine gute Grundlage, da einer verhältnismäßig geringen Steuerenergie große Wirkungen auf den Funktionsablauf gegenüberstehen.

V. Zusammenfassung

18 männliche und 12 weibliche Studenten wurden über 26 Stunden immobilisiert und erhielten 3-stündlich eine Standardmahlzeit. Den gesamten Versuchszeitraum über wurden die Oraltemperatur, die Puls- und Atemfrequenz, die Selbsteinschätzung der aktuellen Reaktionsbereitschaft, die Griffkraft der Hände und die 6o-Sekunden-Zeitschätzung stündlich registriert. Während der Schlafzeit wurden die Probanden dazu jeweils geweckt. Außerdem füllten die Versuchspersonen den Tagesrhythmischen Fragebogen von HORNE und ÖSTBERG aus, der Aufschluß über die Selbsteinschätzung der individuellen circadianen Phasenlage geben sollte. Besonders zwei der dreißig Fragen ergaben gute Korrelationen zu den Zeitpunkten der maximalen und minimalen Oraltemperatur und der maximal gedehnten Zeitschätzung, d,h. es ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang von objektiv gemessener und subjektiv selbsteingeschätzter circadianer Phasenlage.

Der Quotient aus Puls- und Atemfrequenz ($Q\,\frac{P}{A}$) als Indikator der individuellen vegetativen Reaktionslage zeigte insofern eine Beziehung zur individuellen circadianen Phasenlage, als er gut mit dem Zeitpunkt des Oraltemperaturmaximums korrelierte. Eine Beziehung zwischen der Höhe des $Q\,\frac{P}{A}$ und der Fragenbeantwortung ergab sich nicht, obwohl $Q\,\frac{P}{A}$ und Fragen mit Indikatoren der circadianen Phasenlage korrelierten.

Ein deutlicher Unterschied in der Phasenlage von Ruhepulsfrequenz, Oraltemperatur und selbsteingeschätzter aktueller Reaktionsbereitschaft zeigte sich nach Einteilung des Gesamtkollektivs in drei Gruppen nach der Höhe des morgendlichen

$Q \frac{P}{A}$ für die mittleren Tagesgänge. Auch in Bezug auf die Häufigkeitsverteilung der Zeitpunkte der Maxima und Minima der drei genannten Parameter über die Stunden des Tages ergab sich eine Zuordnung zwischen der Höhe des $Q \frac{P}{A}$ und dem zeitlichen Verteilungsmuster.

Die Ergebnisse zeigen einerseits die Verwendbarkeit von Daten aus dem subjektiven Bereich zur Erfassung von individuellen Unterschieden der circadianen Phasenlage. Andererseits zeigt sich, daß die Bestimmung der individuellen Höhe des $Q \frac{P}{A}$ geeignet ist, um auch anhand objektiver Meßgrößen individuelle Unterschiede der vegetativen Reaktionslage und der circadianen Phasenlage zu erkennen. Diese Möglichkeit ist bedeutsam insofern, als sie dazu beitragen kann, die Unverträglichkeit von Nacht- und Schichtarbeit für bestimmte Personen präventiv zu erkennen.

VI. Literaturverzeichnis

AANONSEN, A.: Shift Work and Health. Universitätsforlaget, Oslo 1964

ASCHOFF, J.: Circadian rhythms in man. Science 148: 1427 - 1432 (1965)

ASCHOFF, J. und R. WEVER: Spontanperiodik des Menschen bei Ausschluß aller Zeitgeber. Naturwissenschaften 49: 337 (1962)

ASCHOFF,J., GERECKE, U. and WEVER, R.: Desynchronisation of human circadian rhythms. Japan. J. Physiol. 17: 45o - 457 (1967)

ASCHOFF, J., GIEDKE, H., PÖPPEL, E. and R. WEVER: The influence of sleep-interruption and of sleep-deprivation on circadian rhythms in human performance. In: W.P. COLQUHOUN (Hrsg.): Aspects of human efficiency. The English Universities Press Ltd. 1972

BADDELEY, A.D.: Time estimation at reduced body temperature. Amer. J. Psychol. 79: 475 - 479 (1966)

BLAKE, M.J.F.: Relationships between circadian rhythms of body temperature and introversion - extraversion. Nature 215: 896 (1967)

BLAKE, M.J.F.: Temperament and time of day. In: W.P. COLQUHOUN (Hrsg.): Biological rhythms and human performance. Academic Press Ltd., London 1971

CHILES, W.D., ALLUISI, E.A. and O.S.ADAMS:
Work schedules and performance during confinement. Hum. Factors 1o: 143 (1968)

COLQUHOUN, W.P.: Effects d'une faible dose d'alcool et de certains autres facteurs sur la performance dans une tache de vigilance. Bull. C.E.R.P. XI: 27 (1962)

COLQUHOUN, W.P. and D.W.J. CORCORAN:
The effects of time of day and social isolation on the relationship between temperament and performance. Brit.J. Soc. Clin. Psychol. 3: 226 (1964)

DERMER, M. and E.BERSCHEID:
Self-report of arousal as an indicant of activation level. Behav. Sci. 17: 42o (1972)

DOCUMENTA GEIGY: Wissenschaftliche Tabellen. 6. Aufl., Basel 1960

EYSENCK, H.J.: The biological basis of personality. Charles C. Thomas, Springfield, Ill. 1967

FISKE, D.W. and S.R. MADDI:
Functions of varied experience. Homewood, Ill.: Dorsey Press 1961

FLOTHO, W.: Der Tagesgang der stündlichen Pulssumme bei körperbehinderten Schülern und seine Abhängigkeit von körperlicher Aktivität und Leistungsfähigkeit. Med. Inaug.-Diss. Marburg/Lahn 1969

FORT, A. and J.N. MILLS:
Influence of sleep, lack of sleep and circadian rhythm on short psychometric tests. In: W.P. COLQUHOUN (Hrsg.): Aspects of human efficiency. The English Universities Press Ltd. 1972

FRAISSE, P., BONNET, C., GELLY, N. und G. MICHANT:
Vergleich der Zeitschätzmethoden. Z. Psychol. 167: Heft 3 - 4 (1962)

GEORGE. B.I.: Untersuchungen über die Bedeutung anamnestischer Fragen für die Bestimmung vegetativer Reaktionstypen. Med. Inaug.-Diss. Marburg/Lahn 1973

GÜNTHER, R., KNAPP, E. und F.HALBERG:
Referenzformen der Rhythmometrie: circadiane Akrophasen von zwanzig Körperfunktionen. Z. f. ang. Bäder- u. Klimaheilk. 16: 123 - 153 (1969)

HILDEBRANDT, G.: Über die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atmung. Z. Klin. Med. 15o: 445 - 454 (1953)

HILDEBRANDT, G.: Reaktive Perioden und Spontanrhythmik. Reports VII. Conference of the Society for Biological Rhythm, Siena 1960 , Panminerva Medica, Torino 1962, S. 75 - 82

HILDEBRANDT, G.: Rhythmus und Regulation. Med. Welt 1961: 73 - 81 (1961)

HILDEBRANDT, G.: Biologische Rhythmen und ihre Bedeutung für die Bäder- und Klimaheilkunde. In: W. AMELUNG und A. EVERS (Hrsg.): Handbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. Schattauer Verlag, Stuttgart 1962

HILDEBRANDT, G.: Chronobiologische Grundlagen der Leistungsfähigkeit und Chronohygiene. In: G. HILDEBRANDT (Hrsg.): Biologische Rhythmen und Arbeit. Springer - Verlag, Wien - New York 1976

HILDEBRANDT, G.: Beziehungen zwischen circadianer Phasenlage und vegetativer Reaktionslage. Arbeitsber. Sonderforschungsbereich 122 "Adaptation und Rehabilitation" der Philipps - Universität Marburg/Lahn 1976

HOFFMANN, K.: Angeborene Tagesperiodik bei Eidechsen. Ibid. 12: 359 - 360 (1957)

KLEITMANN, N.: Sleep and Wakefulness. Universtity of Chicago Press, Chicago 1939

KNAPP, R.H.: Personality and the Psychology of Time. Stud. Gen. 24: 44 - 51 (1971). In: J.T. FRASER, F.C. HABER and G.H. MÜLLER (Hrsg.): The Study of Time. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1972

MILLS, J.N.: Temperature and potassium excretion in a class experiment in circadian rhythmicity. J. Physiol. 194: 19 (1967)

MURRAY, E.J., WILLIAMS, H.L. and A. LUBIN: Body Temperature and psychological ratings during sleep deprivation. J. Exp. Psychol. 56: 271 (1958)

NOWLIS, V.: Mood as a condition of Arousal. Symposium on Social Conditions of Arousal, New York 1961

ÖQUIST, O.: Kartläggning av individuella dygnsrytmer. Thesis at the Dept. of Psychol. University of Göteborg 1970

ÖSTBERG, O.: Interindividual differences in circadian fatigue patterns of shift workers. Paper pres. to the Fourth Scandinavian Conf. of Ergonomics, 1972

ÖSTBERG, O.: Zur Typologie der circadianen Phasenlage. Ansätze zu einer praktischen Chronohygiene. Department of Occupational Health, National Board of Occupational Safety and Health, Fack, Stockholm 1975

PANFEROVA, N.Y.: Diurnal rhythms of function in humans during restricted motility. NASA Technical Translation, 739 (1970)

PATKAI, P.: Interindividual differences in diurnal variations in alertness, performance and adrenaline excretion. Reports from the Psychological Laboratories, No. 273 1969

PATKAI, P.: The diurnal rhythm of adrenaline secretion in subjects with different working habits. Acta Physiol. Scand. 81: 30 (1971)

PATKAI, P., PETTERSSON, K. and T. ÅKERSTEDT: Flexible working hours and individual diurnal rhythms. Reports from the Psychological Laboratories, University of Stockholm, No. 406 1973

PETTERSSON, K.: Biologische Tagesrhythmen bei unterschiedlicher Anordnung der Arbeitszeit. Department of Psychology, University of Stockholm 1975

PFAFF, D.: Effects of temperature and time of day on time judgement. J. exp. Psychol. 76: 419 - 422 (1968)

PÖPPEL, E.: Oscillations as Possible Basis for Time Perception. Stud. Gen. 24: 85 - 107 (1970) In: J.T. FRASER, F.C. HABER and G.H. MÜLLER (Hrsg.): The Study of Time. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York 1972

RIECK, A., HILDEBRANDT, G. und A. KASPAREIT: Zur Frage tagesrhythmischer Muskelkraftschwankungen. 15. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e. V. München, April 1975

ROSS, W.D.: Practical Psychiatry for Industrial Physicians. Ch. C. Thomas, Springfield, Ill. 1956

SACHS, L.: Statistische Auswertungsmethoden. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1971

STORCH, J.: Methodische Grundlagen zur Bestimmung der Puls-Atem-Koppelung beim Menschen und ihr Verhalten im Nachtschlaf. Med. Inaug.-Diss. Marburg/Lahn 1967

THAYER, R.E.: Measurement of activation through self-report. Psychol. Reports 20: 663 - 687, Southern Universities Press (1967)

THAYER, R.E.: Activation states as assessed by verbal report and four psychophysiological variables. Psychophysiology Vol. 7, No. 1, 86 - 94 (197o)

WENDT, H.W., Jean and Jane JOVONOVICH: Analytic note on a new rhythm questionnaire, and, can factor scores of behavioral reports predict actual peaks of fittness? Discussion paper prepared in connection with the 13th Congress of the International Society for Chronobiology, Washington, D.C., 1975

ZERM, F. und H.-P. BESTEHORN: Untersuchungen über die Frequenzkoordination von Herz- und Atemrhythmus im Kindesalter, unter besonderer Berücksichtigung der Normalisierung im Nachtschlaf. Institut für Arbeitsphysiologie und Rehablitationsforschung der Universität Marburg/Lahn. Unveröffentlicht

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten:

Amon, Arndt, Aziz, Baltzer, Bartelmai, Bichler, Bode, Börngen, Bommer, Braasch, Buchholz, Daume, Dehnicke, Dimroth, Dieterich, Dittrich, Dölle, Dombrowski, Doss, Egbring, Eißner, Engelhardt, Eschenbach, Exner, Frank, Friederich, Ganz, Gerdes, Goebel, Golenhofen, Gottesbüren, Graul, Hamelmann, Hardewig, Havemann, Hensel, Hering, Hess, Hildebrandt, Hilgermann, Hort, Jakob, Joseph, Kaffarnik, Kalbfleisch, Karlson, Klaus, Klein, Kleinsasser, Knauff, Koch, Koecke, Koransky, Kühnel, Kuni, Lange, Lauer, Latta, Lehmann, Linneweh, Lorenz, Ludwig, Lütcke, Mahr, Mannheim, Maroske, Martini, Massarat, Menge, Meyer-Bertenrath, Müller, Neurath, Nöth, Petry, Portig, Popp, Pots, Richter, Rieken, Rodeck, Rohen, Schachtschabel, Schaumlöffel, Schiff, Schleyer, Schmid, Schmidt, Schmitz-Moormann, Schneider, Seidel, Seifert, Siegert, Sodomann, Solcher, Spiegelberg, Straub, Sturm, Thoenes, Uhlarik, Walcher, Wehrmeyer, Wendt, Wesemann, Willenbockel.

Zum Schluß möchte ich meinen Dank richten an alle Mitarbeiter des Instituts für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung der Universität Marburg. Alle waren in irgendeiner Form am Werden dieser Arbeit beteiligt.

Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. G. Hildebrandt dafür, daß er die Voraussetzungen für die erfolgreiche Durchführung der theoretischen und praktischen Arbeit an dieser Dissertation schuf, indem er eigene Zeit, finanzielle Mittel des Instituts sowie Geräte und Räumlichkeiten zur Verfügung stellte. Seine Anregungen und Hinweise waren für den Fortgang der Arbeit sehr hilfreich.

Dank sagen möchte ich auch Frl. cand. med. E. Zimmermann, die mich bei der Durchführung der Messungen wesentlich unterstützte, sowie den Herren Dipl. Ing. F. Raschke und A. Badouin für ihre Hilfe bei Auswertungs- und technischen Problemen und auch Frl. H. Arnold für ihre Mitarbeit bei der technischen Ausführung der Abbildungen.

Lebenslauf

Am 1o.3.1949 wurde ich als Sohn des Dipl.Ing. Karl Werner und seiner Ehefrau Hedwig Werner, geb. Swoboda, in Oldenburg (Niedersachsen) geboren. Dort wuchs ich auf und besuchte Volksschule und Gymnasium. Ich beendete die Schulausbildung am 6. Juni 1968 mit der Reifeprüfung an der Hindenburgschule in Oldenburg.

Im Oktober des gleichen Jahres nahm ich mein Studium an der Universität Marburg auf, studierte zunächst ein Semester Biologie und wechselte dann zum Studium der Humanmedizin über. Am 24. März 197o legte ich an der Medizinischen Fakultät der Philipps-Universität Marburg/Lahn die Naturwissenschaftliche Vorprüfung ab und am 29. September 1971 die Ärztliche Vorprüfung. Im zweiten klinischen Semester studierte ich in London an der Westminster Hospital Medical School und setzte anschließend meine Ausbildung an der Universität Marburg fort. Hier bestand ich am 17. Juli 75 die Ärztliche Prüfung.
Im Februar 1976 wurde ich als Medizinalassistent Mitarbeiter am Institut für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung der Universität Marburg und konnte mich hier bis zum September 1976 unter Anleitung von Prof. Dr. med. G. Hildebrandt der praktischen und theoretischen Arbeit an meiner Dissertation widmen. Anschließend daran absolvierte ich in den ersten vier Monaten des Jahres 1977 meine chirurgische Medizinalassistentenzeit am Kreiskrankenhaus Ziegenhain.

Manfred Werner